

Жумбей А.И., Безуглова О.С. Диагностика состояния почвенного покрова государственного природного заказника «Цимлянский» и процессов эрозии песков

Электронный научно-производственный журнал  
«АгроЭкоИнфо»

---

---

УДК 631.4:528.7

## Диагностика состояния почвенного покрова государственного природного заказника «Цимлянский» и процессов эрозии песков

*Жумбей А.И., Безуглова О.С.*

*Южный федеральный университет*

### Аннотация

*Проведено исследование состава почвенного покрова территории государственного природного заказника «Цимлянский» с целью отследить состояние экосистемы по основным процессам почвообразования и индикаторам состояния растительного покрова: гумусонакоплению, формированию дифференцированного профиля, проективному покрытию и наличию незакрепленных песков. Был проведен полевой этап изучения с закладкой почвенных разрезов на площадках, отражающих основные формы мезо- и микрорельефа. В почвенных разрезах были отобраны образцы из каждого генетического горизонта для лабораторного изучения гранулометрического состава, содержания гумуса, содержания азота, фосфора и калия. По данным дистанционного зондирования проведена оценка глубины залегания грунтовых вод, построена цифровая модель рельефа и модель поверхностного стока для отслеживания вероятных зон водной эрозии песков. По данным мультиспектральной съемки методом SWIR-NIR-RED синтеза каналов оценены площади незакрепленных и слабо закрепленных песков на протяжении сезона вегетации, оценена опасность дефляционного разрушения песчаного массива. На основе полученных данных построены карты залегания грунтовых вод, поверхностного стока и незакрепленных песков. Результаты проведенных исследований позволяют сделать вывод о безопасном для экосистемы уровне устойчивости к эрозионным процессам, однако, запас прочности проведенных десятилетия назад мероприятий подходит к опасному уровню, для чего требуется проведение высадки новых защитных лесных массивов и кустарников для восстановления максимально эффективной системы задержания песка.*

**Ключевые слова:** ГИС, ДИСТАНЦИОННОЕ ЗОНДИРОВАНИЕ, ЗАКАЗНИК «ЦИМЛЯНСКИЙ», РАСТИТЕЛЬНЫЙ ПОКРОВ, ПОЧВЫ, ПОЧВЕННЫЙ ПОКРОВ, ПЕСЧАНЫЕ МАССИВЫ

---

## **Введение**

Песчаные массивы в степной зоне являются интразональными объектами, сформировавшимися на обнажениях песчаных пород или зонах переотложения песка вдоль течения рек. Особенности морфологии песчаных массивов делают их потенциальными очагами эрозионной опасности экосистем локального и, порой, глобального масштаба. Для предотвращения дефляционного разрушения таких объектов и занесения плодородных земель песком до состояния непригодности к ведению сельского хозяйства, проводились масштабные мероприятия по закреплению песков травопольными и лесомелиоративными методами. На сегодняшний день состояние многих мелиоративных систем задержания песков требует мониторинга и оценки эффективности для выявления вероятных процессов разрушения и разработки программ их восстановления.

При создании лесомелиоративных систем были предусмотрены методы их поддержания и возобновления [1]. В настоящее время деятельность в этом направлении заметно менее активна, что требует пристального внимания со стороны профильных учреждений, в частности, государственных заповедников и заказников. Сохранить и обеспечить устойчивость песчаных массивов – это основная задача исследований в данном направлении.

## **Цели и задачи**

Цель данного исследования – оценка эрозионной опасности почвенного покрова государственного природного заказника «Цимлянский». Для достижения этой цели были сформулированы следующие задачи.

- Описание основных типов почв на территории заказника.
- Выявление и оценка эрозионной опасности слабо закреплённых и незакрепленных песков.
- Оценка почвенных условий для произрастания защитных насаждений.
- Оценка водных условий произрастания защитных насаждений.

## **Объект исследования**

Государственный природный заказник Цимлянский расположен на грядово-ложбинных песках, по поводу происхождения которых имеется две теории: аллювиальное

накопление песка древними речными течениями [2] и потоками преобладающих ветров, переносящих частицы песка с первой пойменной террасы вверх, после чего они по мере оседания сформировали грядово-ложбинный массив [3]. По структуре фитоценозов территория разделяется на 7 типов, из которых преобладающими являются песчаные степи и лесные колки [4].

Лесная растительность представлена колками из березы повислой (*Betula pendula*) с бонитетом I, расположенными преимущественно на второй надпойменной террасе и в ложбине между песчаными грядами, а также, имеются колки с преобладанием сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris*), растущими по бонитету II–III. Состояние лесных колков не вызывает опасений, поскольку естественное возобновление за счет семян в хорошо обводненной части заказника происходит без каких-либо проблем, что заметно по значительному количеству подроста (коэффициент встречаемости равен 1).

#### Растительный покров заказника

Территория государственного природного заказника «Цимлянский» (ГПЗ) представлена комплексом растительных сообществ, часть из которых является потомством растительных травопольных и лесных культур, предназначенных для закрепления песков. Современное состояние и равновесие данной экосистемы обязано созданию природного заказника с существенными ограничениями на ведение хозяйственной деятельности человека. Тем не менее, пески – это сложные в уходе и поддержании земли, подверженные разрушению водой и ветром, с невысокой продуктивностью произрастающей растительности. Травянистая растительность представлена сообществами псаммофитной флоры [5], различающимися соотношением ксерофитов и мезофитов в зависимости от содержания влаги в конкретной локации ландшафта. Хозяйственное использование в государственном природном заказнике «Цимлянский» ограничено максимально, вследствие чего деятельность человека не касается Цимлянского песчаного массива на его территории. Данный факт позволяет в полной мере считать объект не подвергающимся антропогенному преобразованию вследствие хозяйственной деятельности человека. Однако защитные лесные насаждения, которые были созданы в 1960–1980 годы, оказывают влияние на экосистему в части перераспределения атмосферных осадков, привносят видовое разнообразие в исконные сообщества лесных колков, характерные для Нижнего Дона. Данное влияние деятельности человека исключительно позитивно и требует

проведения мероприятий по сохранению и приумножению современных искусственных насаждений на территории заказника.

## **Материалы и методы**

### Закладка почвенных разрезов

На территории заказника были заложены почвенные разрезы на нескольких ключевых участках: на второй надпойменной террасе под лесными колками; на возвышенном участке второй надпойменной террасы с луговой растительностью; на песчаной гряде с разреженной ксерофитной растительностью и в эоловой котловине на третьей надпойменной террасе. Определение типов почв производилось по общепринятой методике [6].

### Лабораторные исследования

Произведен анализ почвенных образцов, отобранных в каждом разрезе по выделенным горизонтам. Методом пипетки [7] произведен гранулометрический анализ образцов. Определение содержания основных элементов минерального питания произведено методами ГОСТ [8]. Содержание гумуса определено по ГОСТ 26213-2021 [9].

### Анализ эрозионных процессов методами дистанционного зондирования

На основе космического снимка Landsat 8 за 26.06.2021 год проведена ручная дешифровка поверхностей со слабозакрепленными и незакрепленными песками на территории обследования. Для оценки сезонной вариабельности проективного покрытия на выбранных участках был проведен расчет индекса вегетации с учетом отражающей способности почвы – SAVI. Классификация по значениям индекса в пределах отобранных участков проведена полуавтоматическим методом контролируемой классификации.

$$SAVI = \frac{NIR-RED}{NIR+RED} * (1 + L), \text{ где}$$

NIR – коэффициент отражения в ближнем инфракрасном спектре,

RED – коэффициент отражения в красном спектре видимого излучения,

L – коэффициент облиствения (принят 0,5) [10].

Участки с наиболее высокой яркостью выделены как подверженные ветровой эрозии. Значения индекса SAVI сгруппированы в 4 класса: 0,15–0,25; 0,25–0,35; 0,35–0,45; >0,45. Подсчитана площадь, занимаемая каждым классом в пределах выделенных участков эрозионной опасности на протяжении трех месяцев – с июня по август 2021 года.

Полученные значения обработаны в программном обеспечении MS Excel.

Построена модель поверхностного стока на основе данных радарной топологической съемки (SRTM). Также построена картосхема глубины залегания грунтовых вод на основе цифровой модели рельефа и визуального дешифрирования космоснимков. Выбирались точки на месте проступающих грунтовых вод в виде отдельных небольших зеркал воды. Их суммарное количество составило 78 штук. Каждой точке присваивалось значение высоты данного водного объекта над уровнем моря. Дальнейший расчет проводили методом обратно-взвешенных расстояний между точками.

### **Результаты и их обсуждение**

#### Почвенный покров

Почвенный покров представлен спектром примитивных песчаных почв, преимущественно различающихся локальными, обусловленными мезо- и микрорельефом, условиями. Ввиду легкого гранулометрического состава гумус в профиле накапливается медленно и по большей части представлен грубым гумусом («модер»). Колковые леса покрывают 1,12% площади заказника, при этом в учтенную площадь также входят пространства между самими лесными «островками», которые различаются качественными свойствами как растительности, так и почвообразовательных процессов. На участках с близкими к поверхности грунтовыми водами (0,5–2 м) наблюдается присутствие пятен оглеения в нижней части профиля. Почвы под лесными насаждениями *Pinus sylvestris* по строению профиля не отличаются от почв под естественными колками. Образованный из хвойного опада гумус также имеет грубую форму и слабо связан с минеральной частью.

Почвы, расположенные между колками и на участках без лесной растительности представлены дерново-луговыми супесчаными на погребенных луговых почвах и на песках в зависимости от расположения – в котловинах выдувания или на межкотловинном участке. Данный тип характеризуется бесструктурным гумусовым горизонтом серого цвета, слабым течением почвообразовательного процесса и классифицируется как квазиравновесное почвенное образование. Гумусовый горизонт достигает 30 см, органическое вещество представлено пылеватой присыпкой и имеет исключительно органогенное происхождение. Дерново-луговые почвы второй надпойменной террасы в гумусовом горизонте содержат до 2,7% органического вещества. Растительность на них обильная и разнообразная, что

является следствием наличия доступной грунтовой влаги. На участках песчаных гряд с наиболее глубоким залеганием грунтовых вод (от 3,5 м) расположены либо примитивные связно-песчаные почвы, либо непочвенные образования. Гумусовый горизонт примитивных связно-песчаных почв очень светлый, проективное покрытие травянистой растительности менее 30%, опад не покрывает поверхность песка более, чем на 40%. В котловинах на таких участках не встречаются деревья, место которых занимают засухоустойчивые кустарники *Caragana frutex* и *Amorpha fruticosa*. Отдельно стоящие деревья различных видов встречаются чаще у подножия песчаных гряд. При визуальной дешифровке эти участки отлично детектируются по яркости при SWIR-NIR-RED синтезе. Почвы в эоловых котловинах бугристых песков содержат так же мало органического вещества, как и почвы лесных колков второй надпойменной террасы. Наибольшее накопление органического вещества (до 2,7%) происходит на луговых песчаных почвах второй террасы, что объясняется высокой продуктивностью лугово-степной травянистой растительности в сравнении с сильно разреженным травянистым покровом бугристых песков при выпотном водном режиме. Почвы смешанных лесных колков расположены в местах с близким расположением грунтовых вод и максимальным в ландшафте накоплением атмосферной влаги, что обуславливает преимущественно промывной тип водного режима. В таких условиях органическое вещество при супесчаном гранулометрическом составе выносится вниз по профилю и не накапливается. Дерновый процесс присущ всем почвам, различна лишь степень его проявления.

Оглеение, которое присуще почвам лесных колков, является одним из ведущих процессов в данных почвах. Небольшое повышение количества илистых и глинистых частиц вниз по профилю наблюдается только в дерновых примитивных почвах лесных колков. В таких почвах А.Н. Маланьиним [11] было отмечено отсутствие процесса оподзоливания и выноса глинозема вниз по профилю, а наличие более тяжелых частиц может объясняться многоярусностью почвенного покрова. Погребенные почвы на песчаных массивах формируются при отмирании растительных сообществ в результате засух или вымокания в эоловых котловинах и последующего занесения песком. Названия почв приняты на основе классификации, приведенной в работе А.Н. Маланьина [11].

Содержание азота в данных почвах незначительное (табл. 1), что объясняется гранулометрическим составом в комбинации с водным режимом. При промывном водном

режиме лесных колков второй надпойменной террасы и повышенной увлажненности эоловых котловин второй надпойменной террасы аммонийная форма азота преобладает над нитратной по валовому содержанию ввиду объективной причины, которая кроется в анаэробном течении процесса первичного разложения органических остатков с восстановлением азота до иона аммония.

Таблица 1. Результаты лабораторного исследования почв

Почва	Горизонт, глубина	Гумус	N-NH <sub>4</sub>	N-NO <sub>3</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	<0,01	>0,01	<0,001
	см	%	мг/кг				%		
Дерново-луговая супесчаная на погребенных луговых почвах под лесными колками	Ad 0–9	0,27	6,99	-	26,6	506,7	12,99	87,01	11,76
	A 10–35		5,59	-	7,3	745,7	14,46	85,53	12,37
	B 36–57		5,53	1,6	5,5	487,6	15,32	84,68	14,03
	C 58–67		3,55	1,7	5,2	200,8	14,63	85,37	13,00
Дерново-луговая супесчаная на песках	Ad 0–6	2,71	1,8	2,6	54,5	86	17,37	82,62	14,13
	A 7–30		0,98	-	18,9	38,2	15,04	84,96	13,55
	C 31–60		0,8	-	15,5	33,5	14,80	85,20	12,77
Дерново-луговая супесчаная на песках в старой эоловой котловине	Ad 0–8	0,16	7,87	-	48,9	153	14,63	85,36	13,33
	A 9–27		2,09	-	22	86	13,99	86,02	12,44
	C 28–55		1,21	-	18,9	38,2	14,59	85,41	12,44

Нитратный азот в нижних горизонтах почв лесных колков присутствует вследствие погребения старых почв, в которых процесс нитрификации был возможен. Нитратный азот в поверхностном горизонте Ad присутствует только в дерново-луговой почве на участке без леса.

Несколько иначе выглядит ситуация с содержанием фосфора, обеспеченность которым в поверхностном горизонте высокая для всех обследованных почв. Ввиду высокой степени биологического разложения растительных остатков соединения фосфора высвобождаются и накапливаются в почве. При промывном водном режиме (лесные колки второй террасы) соединения фосфора выносятся вниз по профилю и покидают его с грунтовыми водами, в то время как в почвах с выпотным водным режимом (дерново-луговые супесчаные на участках без лесов) при разной обеспеченности влагой

характеризуются накоплением фосфора по всему профилю. Содержание фосфора в дерновом горизонте в 2 и более раз выше, чем в нижележащем гумусово-аккумулятивном горизонте. Калий в данных почвах содержится в достаточно больших количествах для супесчаных почв – от 86 до 506 мг/кг в поверхностном горизонте. Наибольшее количество калия обнаружено в почвах под лесными колками, что объясняется высоким его содержанием в опаде древесной растительности.

#### Диагностика незакрепленных песков

Сезонная динамика проективного покрытия на участках с высоким риском дефляционного разрушения песков указывает на предсказуемое снижение активности растительности в промежутке с мая по август. Согласно графику (рис 1.) площади с наибольшим проективным покрытием сокращаются в течение летнего сезона до 7 раз, и составляют до 30% от общей площади выделенных участков.

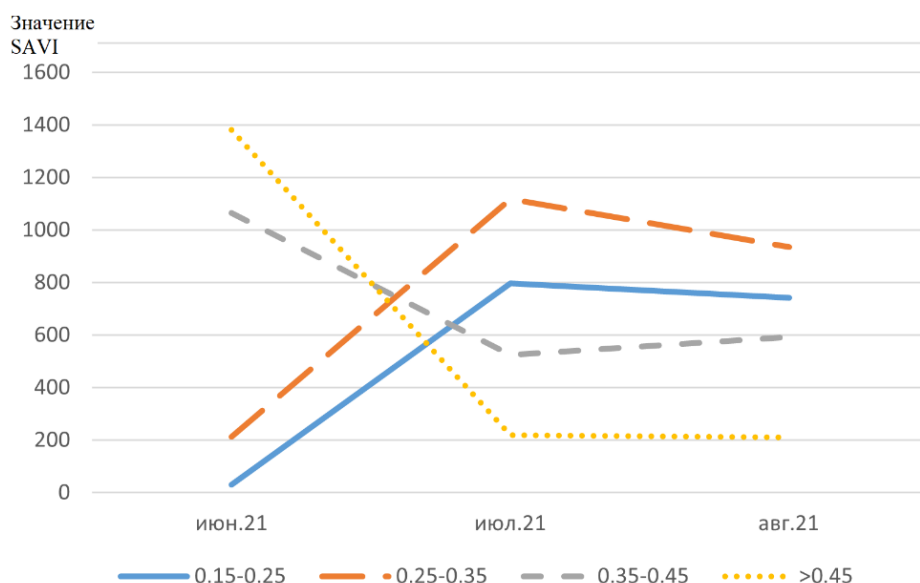


Рис.1. Динамика площадей (га) территорий с различными значениями индекса SAVI на участках с повышенной опасностью ветровой эрозии в течение летнего сезона 2021 года.

Согласно картосхеме (рис. 2–3), эрозионно-опасные участки поверхности на территории заказника находятся в зоне максимального стока и глубины грунтовых вод.



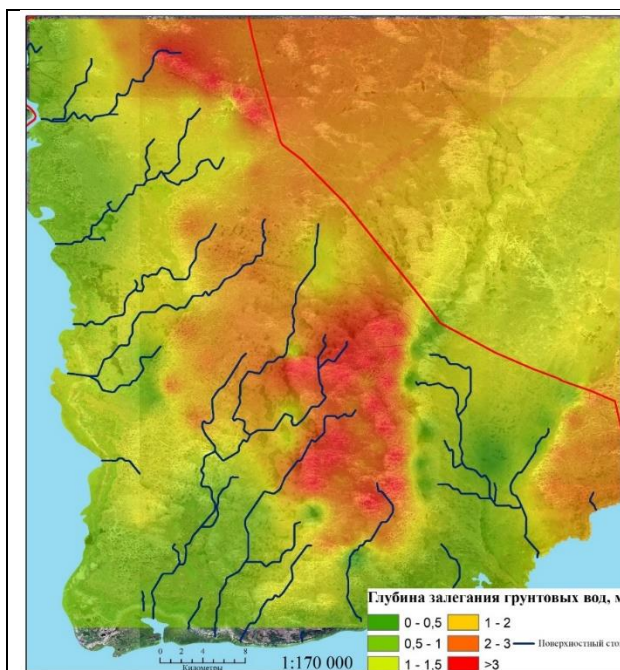


Рис. 2. Картограмма глубины залегания грунтовых вод и поверхностного стока

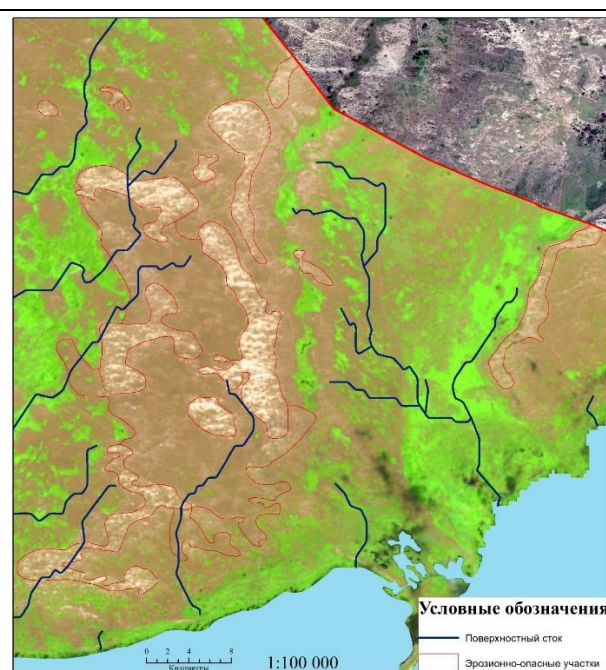


Рис. 3. Расположение эрозионно-опасных участков, определенных по снимку с синтезом каналов SWIR-NIR-RED

Данная закономерность указывает на характер происхождения слабозакрепленных и незакрепленных песков – грядово-ложбинный рельеф подразумевает перераспределение атмосферной влаги в понижениях между песчаными грядами, тогда как на возвышенностях легкий гранулометрический состав грунта не позволяет удерживать влагу, и она просачивается на большую глубину, где с подземным стоком покидает эти участки. Лесной полог задерживает от 140 до 230 мм осадков в летний период в зависимости от породного состава [1].

На территориях, где произрастают те или иные виды лесной растительности, не наблюдается серьезного снижения значений индекса. Незакрепленные пески появляются в засушливый период года, соответственно, в это время они наиболее подвержены ветровому переносу. В повторяющиеся подряд засушливые годы имеется опасность разрушения сформированных примитивных почв и погребение почв эоловых котловин.

## Выводы

1. Имеющееся количество элементов питания достаточно для произрастания как луговых и лугово-степных типов растительности, так и для древесных насаждений.

Содержание гумуса варьирует в зависимости от типов растительности, развивающихся на поверхности песков. Данный показатель не может быть стабильным ввиду изменчивости на протяжении 10–15-летних периодов зарастания и дигрессии лесных колков [12].

2. Основным лимитирующим фактором на песках является вода – ее доступность определяет вид растительного покрова и его продуктивность, что хорошо видно по сезонной динамике индекса SAVI.

3. Для эффективного ведения природоохранной деятельности на территории заказника следует обратить внимание на распределение атмосферной влаги, а именно ее задержание на третьей надпойменной террасе с целью повышения доступности влаги на ныне слабо закрепленных песках. Поверхностный сток может быть эффективно задержан рядовой посадкой *Pinus sylvestris* вдоль песчаных гряд и одновременно поперек преобладающих ветров (восточный и юго-восточный румбы). Также повышенная аккумуляция влаги под пологом насаждений позволит удерживать больше атмосферных осадков.

4. Подвижные пески в середине песчаного массива сосредоточены на возвышающихся грядово-бугристых наносах, где атмосферная влага не задерживается и, проходя сквозь толщу песка к подножию гряд, скатывается в стоки на вторую надпойменную террасу. Рядовые насаждения *Pinus sylvestris* как более засухоустойчивого вида на этих участках частично предотвратят вынос атмосферной влаги и это позволит развиваться травянистому ярусу вокруг них. Таким образом, будет создана долговременная защита от развеивания песков путем накопления влаги в ныне сухих эоловых котловинах третьей и четвертой надпойменных террас и их заселение сеянцами *Betula pendula* и *Pinus sylvestris*.

*Исследования выполнены при финансовой поддержке проекта Министерства науки и высшего образования РФ по поддержке молодежной лаборатории «Агробиотехнологии для повышения плодородия почв и качества сельскохозяйственной продукции» в рамках программы развития межрегионального научно-образовательного центра Юга России (№ ЛабНОЦ-21-01АБ).*

**Список использованных источников**

1. Эйтинген Г.Р. Лесоводство. М.: Государственное издательство сельскохозяйственной литературы, 1949. – 368 с.
2. Пологинов Б.Б. Пески Донской области // Труды. Почвенный ин-т. –1926. – С. 3–198.
3. Гаель А.Г. Пески Нижнего Дона. Цимлянско-Донской и Романовский песчаные массивы, их естественно-исторические особенности и пути хозяйственного использования песков. – М.-Л., 1929. – 194 с.
4. Жумбей А.И., Безуглова О.С., Литвинов Ю.А. Анализ состояния растительного покрова на территории ООПТ с применением дистанционного зондирования // АгроЭкоИнфо: Электронный научно-производственный журнал. – 2022. - № 2 – Режим доступа: [http://agroecoinfo.ru/STATYI/2022/2/st\\_208.pdf](http://agroecoinfo.ru/STATYI/2022/2/st_208.pdf) DOI: <https://doi.org/10.51419/202122208>.
5. Дмитриев П.А., Демина О.Н. О. Ординация псаммофитной растительности песчаных массивов Дона // Живые и биокосные системы. 2013. № 2: <https://jbks.ru/archive/issue-2/article-7>
6. Розанов Б.Г. Морфология почв. – М.: Изд-во МГУ, 1983. – 320 с.
7. Качинский Н.А. Механический и микроагрегатный состав почвы, методы его изучения. – Москва: Изд-во АН СССР, 1958. – 191 с.
8. Почвы. Определение рН солевой вытяжки, обменной кислотности, обменных катионов, содержания нитратов, обменного аммония и подвижной серы методами ЦИНАО: Сб. ГОСТов. – М.: Издательство стандартов, 1985.
9. Сертификация продукции ГОСТ 26213-2021. Национальные Стандарты [Электронн. ресурс]. URL: <https://rosteststandart.ru/gost/241295.html>
10. Huete A. R. A soil-adjusted vegetation index (SAVI) // Remote Sensing of Environment. – 1988. – № 3 (25). – С. 295–309.
11. Маланьин А.Н. Почвы и типы лесных колков на песчаных террасах Среднего и Нижнего Дона: автореф. дис. ... канд. биол. наук. – 1970. – 24 с.
12. Гаель А.Г., Маланьин А.Н. Почвы лесных колков по песчаным террасам степного Дона // Почвоведение, 1971. – № 8. – С. 8–20.

**Цитирование:**

Жумбей А.И., Безуглова О.С. Диагностика состояния почвенного покрова государственного природного заказника «Цимлянский» и процессов эрозии песков [Электронн. ресурс] // АгроЭкоИнфо: Электронный научно-производственный журнал. – 2022. – № 4. – Режим доступа: [http://agroecoinfo.ru/STATYI/2022/4/st\\_422.pdf](http://agroecoinfo.ru/STATYI/2022/4/st_422.pdf). DOI: <https://doi.org/10.51419/202124422>.