ОЦЕНКА ПОЧВЕННЫХ РЕСУРСОВ МАЛИ ДЛЯ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ХЛОПЧАТНИКА

© 2016 г. Нуму Мусса Сангаре¹, И. Ю. Савин^{1,2}

¹Аграрно-технологический институт РУДН,
Россия, 117198, Москва, ул. Миклухо-Маклая, 6

²Почвенный институт им. В.В. Докучаева,
Россия, 117019, Москва, Пыжевский пер., 7, стр. 2
e-mail: nmsangare@yahoo.fr

Проведено обобщение имеющейся фактической информации о почвенном покрове Мали на уровне всей страны, обновление ее по данным спутниковой съемки и дан анализ оптимальности почвенных ресурсов для промышленного возделывания хлопчатника. В качестве основы для оценки использовалась цифровая почвенная карта Мира ФАО, которая предварительно была откорректирована на основе визуального анализа спутниковых изображений Landsat. Экспертным путем определены свойства почв, которые потенциально могут оказывать лимитирующее влияние на возможности промышленного возделывания хлопчатника, а также граничные значения классов пригодности. Анализ пригодности почв Мали для возделывания хлопчатника, проведенный с использованием ГИС ILWIS показал, что на территории республики оптимальные почвы занимают всего 6% территории страны. Около 67% почв Мали непригодны для возделывания хлопчатника. Из них 60% имеют несколько неблагоприятных свойств почв. Остальные почвы являются ограниченно пригодными. В качестве основных лимитирующих факторов использования почв под хлопчатник выделяются легкий гранулометрический состав, маломощность и каменистость почв. Ограничения около 80% от неблагоприятных почв Мали связаны именно с этими свойствами. Ресурсный потенциал почв в максимальной степени используется в регионах Куликоро и Сикассо; в меньшей степени – в регионах Сегу и Кайес, и совсем не используется в других регионах.

Ключевые слова: оценка почв, почвенная карта, хлопчатник, Мали, Landsat.

DOI: 10.19047/0136-1694-2016-85-20-35

ВВЕДЕНИЕ

На протяжении всей истории своего развития республика Мали в силу исторических и природных особенностей специализировалась на производстве сельскохозяйственной продукции. Эта

специализация сохранилась до настоящего времени. Основной земледельческой зоной является западная часть Мали, а также район внутренней дельты Нигера. Эта территория расположена в переходной зоне от пустыни Сахары к экваториальным вечнозеленым лесам. Неумеренный выпас скота на севере региона наряду с естественным трендом изменения климатических условий ведет к сдвигу южной границы Сахары еще далее на юг, что выражается в деградации почв, которые еще некоторое время назад были пригодны под сельскохозяйственное использование. В условиях расчлененного рельефа использование почв под пашню ведет во многих случаях к их быстрой деградации, активизации эрозионных процессов, потери гумуса, обедненности питательными веществами. Данные процессы усугубляются экстенсивностью ведения хозяйства.

Несмотря на важность для сельскохозяйственного землепользования почвенные ресурсы Мали слабо и лишь фрагментарно изучены. Изучение почв страны активно велось лишь в 70–80-е годы прошлого века. Информация, содержащаяся на мелкомасштабных почвенных картах, схематична ([Stroosnijder, 1979](#)).

С 1960 до конца 1970-х годов почвы страны изучались с целью поиска земель, оптимальных для развития товарного производства (преимущественно для расширения площадей под посевы арахиса). Эти исследования проводились французскими учреждениями: Французским научно-исследовательским институтом по вопросам развития и сотрудничества и Бюро по вопросам развития сельскохозяйственного производства. Большинство картографических работ было сделано в масштабе 1 : 50 000. Но съемкой было покрыто только несколько наиболее перспективных для арахиса регионов: плато Мандинго, часть южной и Западно-Сахельской зон страны, орошаемая часть центральной дельты р. Нигер, а также некоторые охраняемые территории по всей стране ([Cartes Morphopedologiques..., 1973, 1976](#)).

С 1970 до 1990 гг. создавались специальные группы по исследованию почв на национальном уровне, результатом работы которых явилась серия карт масштаба 1 : 200 000, но они покрывали небольшую часть страны ([La Physiography et les Sols, 1977; Carte de Paysages..., 1982](#)). Некоторые сведения о почвенном покрове и свойствах почв территории можно подчерпнуть из науч-

ных публикаций ([Крумкачев, 1984](#); [Тимофеев, 1989](#); [Ларешин, Карманова, 1989](#); [Тимофеев и др., 1993](#); [Pol van der, Traore, 1993](#); [Бабанин и др., 1994](#); [Ямуремие, 1998](#); [Уан Амаду Ибрахим, 1998](#); [Гатаулин, Си Бубакар, 2008](#)).

В последнее время в стране делаются попытки расширения посевов хлопчатника. В связи с чем вновь повысилась актуальность исследований почвенных и земельных ресурсов Мали. Но решение данной задачи на уровне всей страны возможно лишь на основе единой унифицированной и обновленной информации о почвенных ресурсах.

В настоящей работе предпринята попытка обобщить имеющуюся фактическую информацию о почвенном покрове на уровне всей страны, обновить ее по данным спутниковой съемки и провести анализ оптимальности почвенных ресурсов для промышленного возделывания хлопчатника.

ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ

Территория Республики Мали расположена в двух резко отличных зонах Африки: пустыне Сахаре и прилегающей к ней субтропической зоне. В соответствии с почвенно-климатическими условиями территория страны поделена на 5 агроклиматических зон: зона Сахары, зона Сахели, Суданская зона, Судано-гвинейская зона, область внутренней дельты Нигера.

Зона Сахары охватывает север Мали, ее площадь составляет 632 000 км², или 51% территории страны. Она охватывает регион Кидал и большую часть регионов Тумбукту и Гао. Основным источником дохода населения является животноводство, в частности, выращивание верблюдов, коз и овец. Кочевая система, основанная на эксплуатации природных пастбищ и источников воды, является доминирующей системой производства. Годовое количество осадков составляет менее 200 мм.

Зона Сахели занимает площадь в 285 000 км², или 23% территории страны. Сезон дождей длится 3–4 месяцев (с июня по сентябрь). Среднее годовое количество осадков колеблется от 200 до 600 мм.

Суданская зона занимает площадь 215 000 км², или 17.5% территории страны. Сезон дождей длится 5 месяцев с количеством осадков от 600 на севере до более 800 мм/год на юге. Большое ко-

личество рек, ручьев и прудов в этой области создает более благоприятные условия для растениеводства. В этой же зоне практикуется отгонное скотоводство, что нередко выливается в конфликт между земледельцами и скотоводами.

Область внутренней дельты Нигера занимает площадь в пределах от 30 000 до 35 000 км² и включает в себя поймы рек Нигер и Бани. Это зона орошаемого земледелия. Естественная растительность этой области также характеризуется широким спектром флористического разнообразия и богатыми лугами.

Судано-гвинейская зона занимает площадь в 75 000 км², или 6% территории Мали. Она расположена на крайнем юге страны. Количество дождевых осадков в этой зоне варьирует от 800 до 1000 мм/год. Этот район до настоящего времени плохо освоен.

В целом для Мали характерна широтная зональность почв, соответствующая климатическим и растительным зонам, маломощные гумусовые горизонты и красноватые оттенки почв. Выжигание растительности в сухой сезон, сведение лесов, чрезмерная обработка почв в одних районах и избыточный выпас скота в других ведут к деградации почв, снижению их плодородия. В большинстве районов земледелие требует искусственного орошения или дренажа.

Почвы в обширных пустынных районах очень слабо развиты. Маломощные гумусовые горизонты образуются лишь в тех местах, где появляются вода и разреженная растительность. Это почвы тропических пустынь, имеющие красноватый оттенок. Сильное испарение приводит в ряде мест к образованию солевых кор. Ареалы светло-бурых субаридных почв являются неоднородными. Наиболее распространены выделы светло-бурых субаридных почв в комбинации с красно-бурыми субаридными. Местами встречаются выделы с обнажениями латеритных панцирей в ассоциации с латеритными почвами.

В сухих саваннах преобладают красно-бурые почвы. В сезон дождей в них накапливаются окислы железа, алюминия и марганца, а в сухой сезон происходит обезвоживание, что обуславливает красный оттенок почв. Часто встречаются контуры с участием обнажений латеритов и ареалов латеритных почв, а также точечных ареалов почв оазисов. Вокруг наиболее крупных из них в большинстве случаев четко выделяются кольцевые ареалы почв, силь-

но деградированных в результате перевыпаса скота. Для восточной части пояса характерно участие в почвенном покрове ареалов красно-бурых субаридных бескарбонатных почв, а также ареалов примитивных пустынных почв, которые на самом востоке территории занимают значительные пространства.

Красные латеритные почвы высокотравных саванн и галерейных лесов развиваются в условиях переменного влажного климата. Большая часть органических веществ здесь минерализуется, и поэтому содержание гумуса не превышает 2–3%. Характерно широкое участие в почвенном покрове ареалов слаборазвитых почв, которые в отдельных регионах становятся фоновыми. В северной и западной частях пояса часто преобладают ареалы железистых тропических сильноненасыщенных почв. Здесь почвенный покров местами осложняется наличием латеритных панцирей и латеритных почв. Вблизи крупных поселений почвенный покров как правило сильно деградирован (преимущественно в результате эрозии).

Для самого южного пояса с преобладанием железистых тропических лессивированных почв характерно меньшее участие в почвенном покрове слаборазвитых почв и увеличение относительной площади латеритов и латеритных почв.

В долине Нигера выше Сегу и ниже Тумбукту, а также во “внутренней дельте” и на равнине к юго-востоку от Бамако распространены луговые красно-бурые и черные почвы. Они ежегодно обогащаются илом, но из-за переувлажнения нуждаются в дренаже. Для земледелия благоприятны также черные тропические гидроморфные почвы в районе Нионо и бурые тропические почвы в районе Сикассо и возле Кайеса. На них возделываются хлопчатник, сахарный тростник, зерновые, овощи.

В целом для территории исследований необходимо отметить повсеместное присутствие ареалов слаборазвитых почв.

Как уже указывалось выше, почвенный покров территории Мали очень разнородно отражен на имеющихся почвенных картах. Кроме того, что карты составлены в разных масштабах и в разные годы, для отображения почв использовались разные классификационные построения. Для характеристики почвенных ресурсов на уровне всей страны за основу нами выбрана почвенная карта, составленная ФАО. Несмотря на то, что это мелкомасштабная карта, ее преимуществом является то, что она является одной

из самых свежих и составлена в международной классификации почв ФАО ([FAO-UNESCO, 1988](#)), а также то, что карта существует в виде геоинформационной базы данных. На первом этапе исследований границы почвенно-картографических выделов были уточнены по характеру изображения на космических снимках Landsat. Уточнение проводилось интерактивно по экрану монитора компьютера, используя в качестве подложки цветовой композит Landsat, созданный из каналов 3, 4 и 7 ([Савин, Овечкин, 2014](#)). Для каждого региона подбирались безоблачные изображения наиболее информативного срока съемки. Для уточнения всех границ почвенной карты проанализировано 48 сцен Landsat, отснятых в течение 2009–2011 гг. В процессе работы проводилось лишь уточнение положения границ контуров. Их детализация не осуществлялась. В некоторых редких случаях существующий контур делился на два, или выделялся дополнительный контур, отсутствующий на исходной карте (рис. 1).

Основанием для выделения служила информация более детальных почвенных карт и характер изображения территории на снимках.

Рис. 1. Пример коррекции границ почвенно-географических выделов (подложка – композит изображений Landsat, синие границы – исходная карта, красные – скорректированная карта).

Классификационные названия почв при корректировке карты не менялись. При необходимости вводились названия, которых не было на исходной карте. Для этого использовали перечень почв в соответствии с легендой почвенной карты Мира ФАО ([ФАО-ЮНЕСКО, 1977](#)).

После уточнения проведен анализ пригодности почв территории исследований для промышленного возделывания хлопчатника. Оценка велась на основе методических подходов, выдержанных в идеологии оценки земель ФАО ([Framework..., 1976](#)), которые были адаптированы для использования в рамках ГИС технологий ([Савин, 2004](#); [Иванов и др., 2013, 2014](#)).

Для этого был определен перечень свойств почв, которые потенциально могут лимитировать промышленное возделывание хлопчатника на территории исследований:

- гранулометрический состав слоев почвы 0–20 см и 20–80 см;
- засоленность почв;
- содержание карбонатов;
- содержание углерода в слое 0–20 см;
- мощность мелкоземистой толщи почвы;
- каменистость почв;
- уровень грунтовых вод;
- слитость почв.

Затем к обновленной почвенной карте в ГИС была привязана атрибутивная таблица, содержащая информацию о выбранных свойствах для каждого почвенно-географического выдела на карте. Информация частично взята из атрибутивной базы данных почвенной карты Мира ФАО и скорректирована на основе литературных источников. После этого для всех выбранных свойств экспертно составлены оценочные шкалы, состоящие из трех градаций: оптимальное, ограниченно пригодное и непригодное (табл. 1).

На основе атрибутивной базы данных ГИС и оценочных шкал проведена оценка пригодности почв Мали по каждому из выбранных свойств. Интегральная оценка почв получена на основе правила максимальной лимитации. Результаты анализа представлены в виде карты оценки и в табличной форме, где приведены

Таблица 1. Шкалы свойств почв для оценки пригодности для промышленного возделывания хлопчатника в Мали

Свойство	Оптимальное	Ограниченно пригодное	Непригодное
Гранулометрический состав	Тяжело- и среднесуглинистый	Глинистый, супесчаный, легкосуглинистый	Песчаный
Засоленность почв	Незасоленные почвы	Слабо- и среднезасоленные почвы	Сильнозасоленные почвы и солончаки
Содержание СаСО ₃ , %	<20	20–40	>40
Содержание органического углерода, %	>2	<2	–
Мощность мелкоземистой толщи, см	>80	25–80	<25
Каменистость, %	<20	20–60	>60
Уровень грунтовых вод, м	>3	1–3	<1
Слитость	Отсутствие признаков слитости	Признаки слитости	Вертисоли

результаты подсчета площадей почв, в различной степени пригодных для промышленного возделывания хлопчатника. Все исследования проведены с использованием пакета прикладных программ ГИС ILWIS v3.3.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В результате коррекции контурная часть исходной почвенной карты была существенно изменена. Отдельные границы между самыми контрастными компонентами почвенного покрова почти не изменились. В результате оценки в ГИС таких границ оказалось около 15%. Большая часть границ была скорректирована путем небольшого смещения. И менее 10% границ до корректировки на карте не существовало. Сопоставление контурной части карты до корректировки и после нее приведено на рис. 2.

В результате корректировки изменились площади почв, отраженных на карте (табл. 2).

Рис. 2. Результат корректировки границ почвенной карты (синие границы – исходная карта, красные – скорректированная).

Как следует из приведенной таблицы, в наибольшей степени изменились площади почв пустынной зоны. При отражении на карте пустынных почв им, по-видимому, не уделялось столько внимания как остальным из-за их низкой значимости для сельскохозяйственного использования.

Анализ пригодности почв Мали для возделывания хлопчатника показал, что на территории республики оптимальные почвы занимают всего около 6% территории страны (по данным подсчета площадей в ГИС). Около 67% почв Мали непригодны для возделывания хлопчатника. Из непригодных почв около 60% имеют сразу несколько неблагоприятных свойств почв. Остальные почвы являются ограниченно пригодными. В качестве основных лимитирующих факторов использования почв под хлопчатник являются легкий гранулометрический состав, маломощность и каменистость почв. Неблагоприятность около 80% почв Мали связана именно с этими свойствами.

Таблица 2. Площади основных почв Мали до и после корректировки почвенной карты, км²

Индекс почвы на карте	Название почвы (ФАО-ЮНЕСКО, 1977)	Площадь по исходной карте	Площадь по скорректированной карте
Af	Железистые акрисоли	5598	5329
Ar	Плинтитовые акрисоли	1676	2515
Be	Богатые камбисоли	2424	7396
Bv	Слитые камбисоли	4175	4701
DS	Дюны и развеваемые пески	198087	202233
G	Глейсоли	53698	52003
I	Литосоли	167230	161552
J	Флювисоли	1175	1668
Je	Богатые флювисоли	543	581
Lf	Железистые лувисоли	154660	150371
Lg	Глеевые лувисоли	4816	4945
Nd	Бедные нитосоли	7998	9831
Ne	Богатые нитосоли	13996	15844
Qc	Камбиевые ареносоли	9590	10997
Ql	Лювиковые ареносоли	178857	180440
Re	Богатые регосоли	136131	140749
RK	Обнажения скальных пород	4922	4153
ST	Солевые поля	20637	20442
Vc	Окрашенные вертисоли	10854	13814
Vp	Темные вертисоли	56	68
WR	Водная поверхность	2385	3424
Ws	Солодовые планосоли	220	257
Y	Ермосоли	205893	189938
Yh	Нормальные ермосоли	103582	107120
Yy	Гипсовые ермосоли	14291	13098
Zt	Такыровые солончаки	196	221

Необходимо учитывать, что данные результаты оценки получены без учета возможности улучшения неблагоприятных свойств почв путем проведения мелиоративных мероприятий.

Все проанализированные неблагоприятные свойства почв можно ранжировать по трудности устранения их влияния. К свойствам, негативное влияние которых устранить не представляется возможным, отнесены гранулометрический состав, мощность мелкоземистой толщи и каменистость почв. Влияние остальных свойств может быть устранено проведением мелиоративных мероприятий. С учетом этого построена карта пригодности почв для

возделывания хлопчатника, где показаны неблагоприятные почвы, улучшение которых не представляется возможным, а также почвы, которые на текущий момент неблагоприятны, но эта неблагоприятность может быть устранена путем проведения их мелиорации (рис. 3).

Согласно этим данным, доля неблагоприятных почв Мали, которые после проведения мелиоративных мероприятий могут быть вовлечены в производство хлопчатника, составляет около 2%, а доля тех почв, негативное влияние которых не может быть устранено составляет около 65% от площади всех почв страны.

Анализ построенных карт показывает, что самыми большими площадями пригодных почв для возделывания хлопчатника обладают такие регионы страны, как Кидал, Кайес и Сикассу, при этом ресурсный потенциал почв наиболее низок в регионах Гао, Кайес и Куликоро (табл. 3).

Согласно данным региональной статистики за последние годы, в Мали производится около 127 тыс. т хлопка ([FAOSTAT, 2015](#)). Посевы хлопка сосредоточены в настоящий момент лишь в четырех регионах Мали (табл. 4).

Рис. 3. Результат оценки пригодности почв Мали для промышленного возделывания хлопчатника (расшифровка легенды см. табл. 3).

Таблица 3. Доля почв разной степени пригодности для возделывания хлопчатника по административным регионам Мали

Регион	Площадь почв разных классов пригодности, км ²					Доля почв разных классов пригодности, %				
	р	ор	о	по	п	р	ор	о	по	п
Бамако	0	0	243	0	7	0.0	0.0	97.2	0.0	2.8
Гао	2135	2683	18458	2166	152723	1.2	1.5	10.4	1.2	85.7
Кайес	18896	659	1630	0	102720	15.3	0.5	1.3	0.0	82.9
Кидал	35672	0	74984	0	34589	24.6	0.0	51.6	0.0	23.8
Куликоро	0	3453	12952	0	75088	0.0	3.8	14.2	0.0	82.1
Мопти	4627	0	3489	10358	63259	5.7	0.0	4.3	12.7	77.4
Сегу	0	0	27353	3511	30392	0.0	0.0	44.7	5.7	49.6
Сикассо	7782	4305	25318	1	33939	10.9	6.0	35.5	0.0	47.6
Тумбукту	2085	0	163737	11420	324341	0.4	0.0	32.6	2.3	64.7
Мали	71196	11100	328162	27455	817057	5.7	0.9	26.1	2.2	65.1

Примечание. Классы пригодности: р – оптимально, ор – ограниченно пригодно, но может быть улучшено, о – ограниченно пригодно, по – непригодно, но может быть улучшено, п – непригодно.

Таблица 4. Использование почвенных ресурсов для возделывания хлопчатника в Мали

Регион	Потенциал почвенных ресурсов для возделывания хлопчатника (доля в той или иной степени пригодных почв), %	Коэффициент использования потенциала почвенных ресурсов (доля пригодных почв, которая используется в данный момент для возделывания культуры), %
Бамако	97.2	0
Гао	14.3	0
Кайес	17.1	23.8
Кидал	76.2	0
Куликоро	17.9	93.7
Мопти	22.6	0
Сегу	50.4	67.8
Сикассо	52.4	84.6
Тумбукту	35.3	0
Мали	34.9	31.2

В соответствии с этими данными наибольшим потенциалом почв для возделывания хлопчатника (не считая столицы страны Бамако) обладают такие регионы, как Кидал, Сикассо и Сегу. Ресурсный потенциал почв в максимальной степени используется в

регионах Куликоро и Сикассо; в меньшей степени – в регионах Сегу и Кайес, и совсем не используется в других регионах. Это связано в большинстве случаев с непригодностью климатических условий для возделывания хлопчатника ([Нуму Мусса Сангаре, Савин, 2014, 2015](#)).

При этом необходимо иметь ввиду, что анализировались лишь почвенные ресурсы. Это означает, что при наличии воды для орошения большие площади для возделывания хлопчатника имеются в регионах Кидал, Сикассо и Сегу, где он в настоящее время не возделывается. Также существуют земли и в других регионах, где почвы пригодны для возделывания хлопчатника, но в настоящий момент не используются для его посевов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Мали обладает большими почвенными ресурсами для развития хлопководства. Несмотря на то, что лишь около 6% территории страны обладает оптимальными почвами для возделывания хлопчатника и около 2/3 страны имеют полностью неблагоприятные почвы для этой культуры, почвенные ресурсы для этих целей используются неполно.

Основными лимитирующими факторами использования почв под хлопчатник являются легкий гранулометрический состав, маломощность и каменистость почв.

Самыми большими почвенными ресурсами для возделывания хлопчатника обладают регионы страны Кидал, Кайес и Сикассо.

Ресурсный потенциал почв в максимальной степени используется в регионах Куликоро и Сикассо, в меньшей степени – в регионах Сегу и Кайес, и совсем не используется на остальной территории.

Основной причиной слабого использования ресурсного потенциала почв являются недостаток атмосферных осадков и отсутствие воды для орошения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Бабанин В.Ф., Тимофеев Б.В., Шпилькина И.В., Иванов А.В., Кузьмин Р.Н.* Состояние железа и железосодержащие минералы в почвах Мали // Почвоведение. 1994. № 7. С. 85–90

2. Гатаулин А.М., Си Бубакар [Основные тенденции и факторы развития хлопководства в Республике Мали](#) // Вестн. Алт. гос. аграр. ун-та. 2008. № 4. С. 75–82.
3. Иванов А.Л., Савин И.Ю., Столбовой В.С. [Качество почв России для сельскохозяйственного использования](#) // Докл. РАСХН. 2013. № 6. С. 41–45.
4. Иванов А.Л., Савин И.Ю., Егоров А.В. [Методология оценки ресурсного потенциала земель России для сельскохозяйственного производства \(на примере хмеля\)](#) // Бюл. Почв. ин-та им. В.В. Докучаева. 2014. № 73. С. 29–94.
5. Крумкачев Л.И. Генетические особенности некоторых типов почв Республики Мали // Почвоведение. 1984. № 10.
6. Ларешин В.Г., Карманова Л.А. Формы соединений железа в красно-бурых почвах саванн Мали // Почвоведение. 1989. № 2. С. 131–136.
7. Нуму Мусса Сангаре, Савин И.Ю. [Геоинформационный анализ пригодности климата Мали для возделывания хлопчатника](#) // Вестник Российского университета дружбы народов. Сер. Агрономия и животноводство. 2014. № 4. С. 25–30.
8. Нуму Мусса Сангаре, Савин И.Ю. [Межгодовая изменчивость метеорологических условий Мали для возделывания хлопчатника](#) // Почвенные и земельные ресурсы: состояние, оценка, использование. Мат-лы Первой Всерос. конф. М., 2015. С. 382–388.
9. Савин И.Ю. Анализ почвенных ресурсов на основе геоинформационных технологий. Дис. ... дис. ... д. с.-х. н. М., 2004. 382 с.
10. Савин И.Ю., Овечкин С.В. [Об обновлении среднемасштабных почвенных карт](#) // Почвоведение. 2014. № 10. С. 1184.
11. Тимофеев Б.В. Формирование и физическое состояние ферраллитных лессивированных почв саванн Мали // Почвоведение. 1989. № 3. С. 5–14.
12. Тимофеев Б.В., Колесникова Л.Г., Воронин А.И. Особенности почвообразования на продуктах выветривания древнейших сланцепесчаников в саваннах Мали // Почвоведение. 1993. № 5. С. 14–20.
13. Уан Амаду Ибрахим Почвенные условия возделывания арахиса в Республике Мали: Автореф. дис. ... д. с.-х. н. М., 1998. 42 с.
14. ФАО-ЮНЕСКО. Почвенная карта Мира. 1:5000000. Т. 1. Элементы легенды. Юнеско. Париж, 1977. 72 с.
15. Ямуреми Е. Формы соединений железа в красно-желтых ферраллитных почвах Мали // Проблемы землепользования, земельного и городского кадастра и градостроительства. М., 1998. С. 221–223.
16. Carte de Paysages de la Region du Baoulé (Mali). (Les Milieux Naturels Synthétiques). Coulibaly, T., Wijngaarden van, W. 1982. (1/200000) http://eusoils.jrc.ec.europa.eu/esdb_archive/eudasm/africa/maps/afr_mlbapa.htm

17. Cartes Morphopedologiques Delta Vif du Moyen Niger. Carte Morpho-Pedologique n'Dorobougou-Soye. Bertrand, R. 1973(1/50000) http://eusoils.jrc.ec.europa.eu/esdb_archive/eudasm/africa/maps/afr_mldsmp.htm
18. Carte Morphopédologique du Plateau Mandingue. Cercle de KITA et Région de FALADIÉ. Brouwers, M. 1976 (1/200000) http://eusoils.jrc.ec.europa.eu/esdb_archive/eudasm/africa/maps/afr_mlmamor.htm
19. FAOSTAT, <http://faostat3.fao.org/browse/Q/QC/E>
20. FAO-UNESCO Soil Map of the World. Revised Legend // World Soil Resources Report 60. Rome, 1988. 119 p.
21. Framework for Land Evaluation. FAO, 1976. 28 p.
22. La Physiography et les Sols, ITC-Enschede, Pays Bas (1 : 200 000). 1977.
23. Pol F. van der, Traore B. [Soil nutrient depletion by agricultural production in Southern Mali](#) // Fertil. Res. 1993. V. 36(1). P. 79–90.
24. Stroosnijder L. Carte des Sols du Mali. Bassée sur l'interprétation des Images Satelite 1972–1975 avec Observations du Terrain en 1976–1979. 1 : 1 000 000.

THE ASSESSMENT OF MALI SOIL RESOURCES FOR THE PURPOSES OF COTTON CULTIVATION

Noumou Moussa Sangare¹, I. Savin^{1,2}

¹*Agrarian-Technological Institute PFUR,
Russia, 117198 Moscow, Miklukho-Maklaya str., 6*

²*V.V. Dokuchaev Soil Science Institute,
Russia, 119017 Moscow, Pyzhevskii 7, bld. 2
e-mail: nmsangare@yahoo.fr*

In this work we summarized all of the available information about the soil cover of Mali at the level of the whole country. This information was updated according to the satellite data, and the analysis of optimality of the soil resources for the purposes of cotton cultivation was conducted. As the basis for the assessment served the Digital Soil Map of the World by FAO, which was preliminary corrected on the basis of visual analysis of Landsat images. We determined the soil properties, which potentially may constrain the possibilities of industrial crop cultivation by expertise. Also we discovered the threshold values of suitability classes. The analysis of suitability of Mali soils for cotton cultivation, conducted with using of GIS ILWIS, showed that only 6% of country's soils on the territory of the republic are optimal for cotton cultivation. About 67% of soils are not suitable for cotton cultivation. Among them, 60% of soils have unfavorable characteristics. The rest of the soils are limitedly suitable. As the major limiting factors for cotton cultivation we considered light grain texture of the soils, low thickness and rockiness. The limitations of

about 80% of unfavorable soils of Mali are precisely due to these properties. The resource potential of these soils is maximally used in regions of Kulicoro and Sicasso; in lower degree it is used in regions of Segou and Kayes, and in the other regions it is not used at all.

Key words: the evaluation of soils, soil map, cotton, Mali, Landsat.