

СОДЕРЖАНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ФОРМ ЖЕЛЕЗА В ПОЧВАХ ЮЖНОГО ПРЕДБАЙКАЛЬЯ

¹Козлова А.А., ²Халбаев В.Л., ²Айсуюева Т.С., ¹Егодуров А.Е., ¹Нечаева В.В.,
¹Мокрушина А.С., ¹Чиркова Е.Г., ¹Винокурова А.В.

¹ФГБОУ ВПО «Иркутский государственный университет», Иркутск, e-mail: allak2008@mail.ru;

²ФГБУН «Институт геохимии СО РАН им. А.П. Виноградова», Иркутск,
e-mail: valhalla87@mail.ru, aisu@igc.irk.ru

Проведены исследования содержания валовых форм железа его силикатных, несиликатных и аморфных форм. Установлено отсутствие ярко выраженной дифференциации валового железа по профилю исследуемых почв, что показывает заторможенность подзолистого процесса, а накопление его в средней части профиля некоторых почв связана скорее с реликтовостью, а не современным почвообразованием. Это подтверждается такими показателями как степень выветрелости почвенной массы, согласно которому исследуемые почвы близки к сиазитным, имеющим слабую степень выветрелости. Максимальные значения коэффициента Швертмана (максимальная степень гидроморфизма) наблюдалась в дерново-подзолистой почве и черноземе выщелоченном. По степени ожелезненности исследуемые почвы имеют средние и умеренно низкие значения, а по степени оксидогенеза – умеренно низкие, низкие очень низкие значения.

Ключевые слова: валовое, силикатное, несиликатное, аморфное железо, степень выветрелости почвенной массы, коэффициент Швертмана, степень ожелезненности, степень оксидогенеза

CONTENTS OF DIFFERENT FORMS OF IRON IN THE SOILS OF SOUTHERN PREDBAIKAL'YE

¹Kozlova A.A., ²Khalbaev V.L., ²Aysueva T.S., ¹Egodurov A.E., ¹Nechaeva V.V.,
¹Mokrushina A.S., ¹Chirkova E.G., ¹Vinokurova A.V.

¹Irkutsk State University, Irkutsk, e-mail: allak2008@mail.ru;

²Institute of Geochemistry SB RAS n.a. A.P. Vinogradov, Irkutsk,
e-mail: valhalla87@mail.ru, aisu@igc.irk.ru

The research content of its gross forms of iron silicate, non-silicate and amorphous forms. The absence of a pronounced differentiation of total iron in the profile investigated soils that shows retardation podzolic process, and its accumulation in the middle of some of the soil profile has more to do with the relic, and not modern soil formation. This is confirmed by indicators such as the degree of weathering of the soil mass, according to which the studied soil sialitnym close to having a slight degree of weathering. The maximum value of Shvertmana (maximum degree hydromorphism) was observed in sod-podzolic soil and leached chernozem. According to the degree of ferruginous soils studied have average and moderately low values, and the degree oksidogenez – moderately low, low to very low.

Keywords: gross, silicate, non-silicate, amorphous iron, the degree of weathering of soil mass, ratio Shvertmana, degree ferruginized, degree oksidogenez

Железо – один из распространенных элементов в литосфере. Его содержание в земной коре достигает 5,1%, это четвертое место после кислорода (49,4%), кремния (28,6%) и алюминия (8,32%). В почвах также часто наблюдаются железистые конкреции и прослойки при этом среднее содержание железа в почвах составляет 3,8% [11]. Главными источниками накопления железа в почвах являются первичные минералы почвообразующих пород. В них железо находится в закисных, окисных и гидроокисных соединениях. В результате выветривания и почвообразования железо из них высвобождается и переходит как в коллоидальные окисные, закисные и гидроокисные соединения, так и особенно во вторичные (глинистые) минералы. Из аморфного железа, появляющегося в результате разрушения первичных и вторичных минералов, образуются такие окисные и гидроокисные ми-

нералы, как гематит, гетит, маггемит и др. Гидроокись железа, так же как и гидроокись алюминия, может образовывать с органическими кислотами подвижные формы комплексных соединений, способных перемещаться по профилю почвы.

Одной из важных для генезиса почв особенностей железа является его способность менять валентность. Присутствие железа в почвах в виде Fe^{3+} и Fe^{2+} обуславливается почвенными режимами. В аэробных условиях оно трехвалентно (Fe_2O_3 – окисел, практически нерастворимый в почвенных водах), а в анаэробных – двухвалентно (FeO – наиболее растворим и подвижен).

Скопления железа в почвах могут быть как реликтовыми, так и современными, железо в них представлено наибольшим количеством минералов, а также свободными окисными и закисными соединениями различных степеней окристаллизован-

ности и растворимости. В современную фазу почвообразования миграция железа сравнительно ограничена и связана главным образом с различными типами избыточного увлажнения почв, определяющих постоянный или сезонный анаэробизис [5]. В целом современные процессы выветривания приводят к накоплению железа в почвенной толще литосферы, что связано, прежде всего, с крайне слабой растворимостью и подвижностью железа, а также с его осаждением, происходящим под влиянием небольших изменений среды, в которой оно находится.

С накоплением или элювированием свободного железа связано проявление ряда элементарных почвообразовательных процессов, контролируемых соотношением и распределением его свободных форм. Эти процессы обуславливают ряд генетически самостоятельных типов почв.

Целью данного исследования явилось изучение и оценка содержания различных форм железа в почвах Южного Предбайкаля для выявления элементарных почвообразовательных процессов для дальнейшей более точной диагностики и классификации почв, в том числе и с позиции субстантивно-генетического подхода, являющегося основой «Классификации и диагностики почв России» [8].

Природные условия почвообразования. Территория южной части Предбайкаля включает Иркутско-Черемховскую равнину и южную часть Предбайкальской впадины, представляющие собой краевые прогибы Сибирской платформы. Иркутско-Черемховская равнина характеризуется холмистовалистым рельефом с высотой междуречий 500-650 м, слабо расчлененным не глубокими долинами. Рыхлые отложения на междуречных пространствах равнины, являющиеся почвообразующими породами, генетически связаны с коренными юрскими породами (песчаниками, алевролитами и конгломератами). Для южной части Предбайкальской впадины характерны синклинальные равнины древних речных долин, чередующиеся со слабовыпуклыми междуречьями, достигающими высоты 700 м. В качестве почвообразующих пород широко распространены лёссовидные суглинки [1, 10].

Климат Южного Предбайкаля отличается резкой континентальностью, предопределяется положением региона в центре Азиатского материка, орографической изоляцией и большим влиянием Сибирского антициклона [1, 10]. Общая черта региона – невысокие для этих широт показатели годового радиационного баланса. Они изменяются от 20–25 ккал/(см²·год) в таеж-

ных долинах и котловинах до 36–40 ккал/(см²·год) на сухостепной территории, что на 6–10 ккал/(см²·год) ниже, чем на тех же широтах на Русской равнине из-за более продолжительного залегания снежного покрова и большого эффективного излучения.

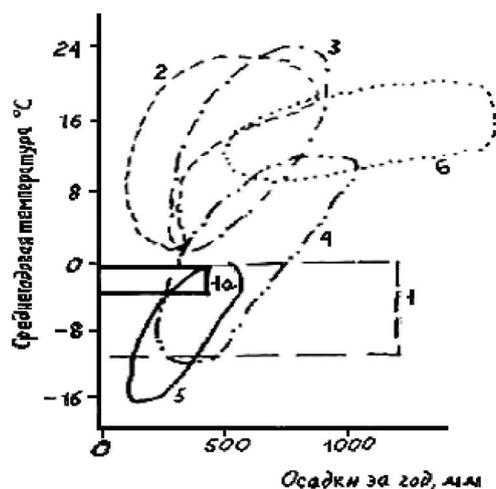
Другая провинциальная особенность – своеобразие внутригодового изменения гидротермических показателей, заключающееся в резком различии (3-10 кратном по показателям атмосферного увлажнения) между сухим и влажным сезонами теплого периода, что обуславливает соответственно заторможенность или активизацию биологического круговорота. При совпадении периодов наибольшей прогреваемости и максимального увлажнения скорость почвообразования резко возрастает, а в противном случае – снижается. По мере увеличения увлажнения и снижения тепловых ресурсов провинциальная специфика утрачивается [10].

Сопоставление гидротермических показателей рассматриваемой территории с климатическими ареалами основных почвенных типов мира, обобщенных В.Р. Волобуевым [3], показывает, что в подобных климатических условиях располагаются лишь ареалы тундровых и подзолистых почв (рисунок).

Почвы Южного Предбайкаля относятся к фациальному подтипу умеренно холодных длительно промерзающих почв [10]. Тип водного режима исследуемых почв – периодически промывной, в связи с неравномерностью выпадения осадков условия для сквозного промачивания появляются непродолжительное время только в конце августа и в начале сентября. Весной и в начале лета коэффициент увлажнения по Иванову составляет 0,28 в степном ландшафте и 0,37 – в лесном [9]. Специфика термического режима, а именно существование почвенной толщи длительное время в мерзлом состоянии и позднее ее оттаивание в весенне-летний период, оказывает большое влияние на их водный режим, который относится к криогенному подтипу (недостаточное увлажнение при наличии поздно оттаивающей сезонной мерзлоты) [10].

Материалы и методы исследования

Согласно почвенно-географическому районированию территории России и сопредельных государств, район исследования относится к Красноярско-Иркутской провинции зоны серых лесных почв, оподзоленных, выщелоченных и типичных черноземов лесостепи центральной лесостепной и степной области суббореального пояса [6]. По В.А. Кузьмину [10] рассматриваемая территория находится в пределах Среднесибирской равнинно-плоскогорной провинции с серыми лесными, дерново-подзолистыми, дерновыми лесными, дерново-карбонатными и черноземными почвами, которые и явились объектами данного исследования.



Климатические ареалы региона среди климатических ареалов некоторых типов мира, по В.Р. Волобуеву [3], В.А. Кузьмину [10], А.А. Козловой [9].

Ареалы почв: 1 – Предбайкалья и Северного Забайкалья; 1а – Южного Предбайкалья; 2 – каштановых; 3 – чернозема; 4 – подзолистых; 5 – тундровых; 6 – бурых лесных

Разрез дерново-подзолистой почвы заложен в 181 км от Иркутска в северо-западном направлении на вершине увала. Растительность представлена солянком с примесью лиственницы, в травостое осока стоповидная, клевер луговой, клевер люпиновидный. Почва не вскипает от 10% HCl по всему профилю. По Классификации-1977 [7] формула профиля: O-Ad-E-BE-BT-C, название почвы – дерново-подзолистая типичная. По Классификации-2004 [8] формула профиля: AY-EL-BEL-BT-C, название почвы – дерново-подзолистая типичная отдела текстурно-дифференцированных почв постлиггенного створа.

Разрез дерновой лесной почвы был заложен в 5 км к юго-западу от Иркутска в верхней части склона северо-восточной экспозиции. Растительность представлена березняком папоротниково-разнотравным. Почва не вскипает от 10% HCl по всему профилю. По классификации В.А. Кузьмина [1988] формула профиля: O-Ad-A-B1-B2-C, название почвы – дерновая лесная типичная. По Классификации-2004 профиль почвы: AYe-BM-C, что соответствует названию – бурозем оподзоленный структурно-метаморфического отдела постлиггенного створа.

Разрез дерново-карбонатной почвы заложен в 250 км от Иркутска на север в окрестностях п. Балаганск в средней части склона северной экспозиции. Растительность представлена березняком с примесью сосны и травянистым покровом, в составе которого – пырей ползучий, мятлик, лисохвост, подмаренник, тмин, осока стоповидная, полынь. Вскипание от 10% HCl наблюдается с глубины 12 см, почвообразующая порода – делювий верхнекембрийских отложений. По Классификации-1977 формула профиля: Ad-Aca-ABca-Bca-BCsa-Csa-Dca, название почвы – дерново-карбонатная типичная среднemocная. По Классификации-2004 профиль почвы: AYca-BMca-Cca, что соответствует названию – бурозем остаточного-карбонатного отдела структурно-метаморфических почв постлиггенного створа.

Разрез серой лесной почвы на супесчаной породе заложен в 21 км от Иркутска на северо-запад в окрестностях п. Мегет в нижней пологой части

склона западной экспозиции. Растительность представлена березняком папоротниковым. Вскипание от 10% HCl наблюдается с глубины 70 см. По Классификации-1977 формула профиля: O-Ad-A-AB-B1-B2-Csa, название почвы – серая лесная на окарбонированной супесчаной породе. По Классификации-2004 профиль почвы: AY-AEL-BEL-BT-Csa, что соответствует названию – серая типичная отдела текстурно-дифференцированных почв постлиггенного створа.

Разрез серой лесной почвы на суглинистой породе заложен на водоразделе рек Иркут и Кая вблизи с. Смоленщина, в 5 км на юго-запад от Иркутска. Общая направленность склона юго-восточная с углом уклона около 5°. Растительность представлена березняком папоротниковым. Вскипание от 10% HCl наблюдается с глубины 78 см. По Классификации-1977 формула профиля: O-Ad-A-AB-B1-B2-Csa, название почвы – серая лесная среднemocная на окарбонированной суглинистой породе. По Классификации-2004 профиль почвы: AY-AEL-BEL-BT-Csa, что соответствует названию – серая типичная отдела текстурно-дифференцированных почв постлиггенного створа.

Разрез чернозема выщелоченного заложен в 113 км к северо-востоку от Иркутска в средней части пологого склона северо-восточной экспозиции. Растительность представлена злаково-разнотравной степью. По Классификации-1977 формула профиля: A-AB-B-Bca-Csa, название почвы – чернозем выщелоченный. По Классификации-2004 профиль почвы: AU-B1-Csa, что соответствует названию – чернозем глинисто-иллювиальный типичный отдела аккумулятивно-гумусовых почв постлиггенного створа.

Согласно С.В. Зону [5], соединения железа в почвах, так называемое валовое железо ($Fe_{вал}$) представлены следующими формами: 1) силикатное железо (Fe_s), входящее в состав кристаллических решеток: а) первичных минералов; б) вторичных (глинистых) минералов; 2) несиликатное (свободное) железо ($Fe_{нс}$): а) железо окристаллизованное ($Fe_{окр}$) (слабо или сильно) оксидов и гидроксидов; б) железо аморфных соединений (Fe_a) (железистых и гумус-железистых); в)

подвижных соединений (обменных и водно-растворимых).

Эта схема позволяет проводить оценку содержания железа силикатных и несиликатных соединений, при этом экспериментально определяют количество железа несиликатных соединений, которые представлены в почвах, главным образом, гидроксидами и оксидами.

Для определения валового железа, использовали рентгенфлуоресцентный экспресс-метод (РФА), содержание железа силикатных соединений находят расчетным путем по разности между его валовым содержанием и количеством железа несиликатных соединений. Несиликатное (свободное) железо определяли методом Мера-Джексона, аморфные соединения Fe – методом Тамма [12], которые делят на связанные с гумусом, переходящее в пирофосфатно-калийную вытяжку (метод Баскомба) и не связанные с гумусом. Окристаллизованные соединения Fe (сильно- и слабокристаллизованные) находят по разности коли-

чества железа в вытяжке Мера-Джексона и в вытяжке Тамма.

Результаты исследования и их обсуждение

Установлено, что в исследуемых почвах нет ярко выраженной дифференциации валового железа по профилю, даже в дерново-подзолистой почве, что показывает заторможенность подзолистого процесса. При этом наблюдается некоторое его накопление в средней части профиля дерново-подзолистой и серых почв, а также черноземе выщелоченном, что, скорее всего, связано с реликтовостью железа, а также с некоторой миграцией аморфного железа по профилю, особенно в дерново-подзолистой и серой типичной почве на супесчаной породе (таблица).

Содержание и соотношение различных форм железа в почвах Южного Предбайкалья

Горизонт, глубина, см	% содержания / % от Fe _{вал}					Показатели		
	Fe _{вал}	Fe _с	Fe _{нс}	Fe _{окр}	Fe _а	степень выветрелости почвенной массы Fe _с /Fe _{нс}	коэффициент Швертмана Fe _а /Fe _{нс}	степень оксидогенеза Fe _{нс} /Fe _{вал}
Дерново-подзолистая типичная отдела текстурно-дифференцированных почв								
AY 3-5	3,8	2,68/70	1,12/30	0,52/14	0,60/16	2,39	0,53	0,29
EL 5-15	3,8	2,47/65	1,33/35	0,65/17	0,68/18	1,86	0,51	0,35
BEL 15-54	4,4	3,07/70	1,33/30	0,64/14	0,69/16	2,31	0,53	0,30
BT 54-75	4,4	3,48/79	0,92/21	0,31/7	0,61/14	3,78	0,67	0,21
C 75-100	3,3	2,77/84	0,53/16	0,12/4	0,41/12	5,23	0,75	0,16
Бурозем оподзоленный отдела структурно-метаморфических почв (дерновая лесная почва)								
Aye 2-10	2,9	1,96/68	0,94/32	0,74/25	0,20/7	2,08	0,22	0,32
BM 10-94	3,8	2,80/74	1,00/26	0,85/22	0,15/4	2,80	0,15	0,26
C 94-120	4,4	3,35/76	1,05/24	0,93/21	0,12/3	3,19	0,12	0,24
Бурозем остаточного-карбонатного отдела структурно-метаморфических почв (дерново-карбонатная почва)								
AYca 2-38	2,9	1,99/69	0,91/31	0,76/26	0,15/5	2,19	0,16	0,31
BMca 38-77	2,3	1,66/72	0,64/28	0,57/25	0,07/3	2,59	0,11	0,28
Cca 77-130	2,8	2,00/71	0,80/29	0,73/26	0,07/3	2,50	0,10	0,29
Серая типичная отдела текстурно-дифференцированных почв на супесчаной породе								
AY 3-20	3,3	2,53/77	0,77/23	0,50/15	0,27/8	3,29	0,35	0,23
AEL 20-30	3,6	2,02/56	1,58/44	1,22/34	0,36/10	1,28	0,23	0,44
BEL 30-50	2,7	1,68/62	1,02/38	0,68/25	0,34/13	1,65	0,34	0,38
BT 50-70	3,8	3,17/83	0,63/17	0,24/6	0,29/11	5,03	0,65	0,18
Cca 70-115	2,9	2,42/83	0,48/17	0,20/7	0,28/10	5,04	0,59	0,17
Серая типичная отдела текстурно-дифференцированных почв на суглинистой породе								
AY 3-16	3,5	2,15/61	1,35/39	1,16/33	0,19/6	1,59	0,15	0,39
AEL 16-30	4,6	2,85/62	1,75/38	1,53/33	0,22/5	1,63	0,13	0,38
BEL 30-50	5,4	3,76/70	1,64/30	1,49/28	0,15/2	2,29	0,07	0,30
BT 50-78	5,1	3,46/68	1,64/32	1,49/29	0,15/3	2,11	0,09	0,32
Cca 78-130	4,7	3,35/71	1,35/29	1,23/26	0,12/3	2,48	0,10	0,29
Чернозем глинисто-иллювиальный отдела аккумулятивно-гумусовых почв								
AU 0-40	2,7	2,46/91	0,24/9	0,10/4	0,14/5	10,25	0,56	0,09
BI 40-75	3,3	3,10/94	0,20/6	0,11/2	0,12/4	15,50	0,67	0,06
Cca 75-120	2,8	2,58/92	0,22/8	0,20/5	0,08/3	11,73	0,37	0,08

В основном валовые формы представлены силикатным железом, особенно в черноземе выщелоченном, где его количество составляет более 90%. Содержание несиликатного варьирует в широких пределах и составляет от 6 до 40 % от валового, и только в горизонте АЕЛ серой типичной почвы на супесчаной породе значения силикатного и несиликатного железа несколько сближены, с преобладанием силикатных форм. Количество несиликатного железа максимально в верхней элювиальной части профиля исследуемых почв, вниз по профилю оно заметно снижается. Это указывает на активность процессов выветривания, протекающих в почвенной толще, поэтому соотношение железа силикатных и несиликатных соединений Fe_c/Fe_{nc} используют в качестве самостоятельного показателя степени выветрелости почвенной массы. Чем больше это отношение, тем выше степень выраженности процессов выветривания, что и наблюдаем в верхней части профиля рассматриваемых почв, за исключением чернозема выщелоченного, где значения данного показателя максимальны. В целом по этому показателю близки к сиалитным почвам [5].

Колебания аморфных форм составили от 2 до 18 % от валового железа по профилю исследуемых почв. Более обогащенными этой формой оказались дерново-подзолистая и серая типичная почва на супесчаной породе, менее – бурозем остаточно-карбонатный отдела структурно-метаморфических почв (дерново-карбонатная почва), серая типичная почва на суглинистой породе и чернозем выщелоченный. Для диагностики почв во многих странах мира используют так называемый коэффициент Швертмана (Fe_a/Fe_{nc}), который представляет собой относительную долю «аморфного» железа от железа несиликатных соединений. Он дает представление о соотношении железа «аморфных» и окристаллизованных соединений или о степени старения и кристаллизации свободных оксидов и гидроксидов железа, что помогает диагностировать процессы, происходящие в почвах. В России коэффициент Швертмана используют для оценки степени гидроморфизма почв гумидных ландшафтов [4]. Коэффициент растет по мере увеличения степени гидроморфизма почв. В исследуемых почвах максимальные значения коэффициента наблюдались в дерново-подзолистой почве, черноземе выщелоченном и нижней части серой типичной почве на супесчаной породе. Более низкие его значения были в буроземах оподзоленном и остаточно-карбонатном, а самые минимальные – в серой типичной почве на суглинистой породе.

Ю.Н. Водяницкий [2] предложил группировку почв по степени их ожелезненности на основании валового содержания железа: очень высокая при валовом содержании $Fe > 30\%$; высокая – 30-10%; умеренно высокая – 10-5%; средняя – 5-3%; умеренно низкая – 3-1%; низкая – 1-0,5%; очень низкая $< 0,5\%$. Исследуемые почвы по этому показателю имеют среднюю и умеренно низкую степень ожелезненности.

Важной характеристикой, по его мнению, является также доля несиликатных (свободных) соединений железа от общего содержания железа в почве ($Fe_{nc}/Fe_{вал}$). Им предложена следующая группировка почв по степени развития в них оксидогенеза на основании величины этого отношения: очень высокая степень оксидогенеза $Fe_{nc}/Fe_{вал} > 0,75$; высокая – 0,75-0,65; умеренно высокая – 0,65-0,55; средняя – 0,55-0,45; умеренно низкая – 0,45-0,35; низкая – 0,35-0,25; очень низкая – $< 0,25$. Согласно этому показателю все исследуемые почвы можно отнести к почвам с умеренно низкой и низкой степенью оксидогенеза, за исключением чернозема выщелоченного и нижних горизонтов дерново-подзолистой почвы и серой типичной на супесчаных отложениях, где степень оксидогенеза показала очень низкие значения.

Выводы

В целом, установлено, что:

– в исследуемых почвах нет ярко выраженной дифференциации валового железа по профилю, а его накопление в средней части профиля дерново-подзолистой и серых почв, а также черноземе выщелоченном связано с реликтовостью железа, а также с некоторой миграцией аморфного железа по профилю;

– выявленное низкое содержание несиликатного железа свидетельствует о слабом выветривании минералов и молодости почвообразования, а внутрипрофильная его дифференциация скорее связана с не элювиально-иллювиальным перераспределением, а литогенной неоднородностью почвообразующих пород;

– только в дерново-подзолистой почве наблюдается некоторое преобладание аморфных форм железа над окристаллизованными, в остальных же почвах выявлено явное преобладание кристаллического железа над аморфным, а в черноземе выщелоченном отмечено самое низкое содержание несиликатных форм как аморфных так и окристаллизованных;

– по степени выраженности процессов выветривания все исследуемые почвы близки к сиалитным, по коэффициенту Швер-

тмана (степени гидроморфизма) по мере убывания гидроморфизма выстраивается ряд: от дерново-подзолистой почвы и чернозема выщелоченного, к буроземам оподзоленному (дерновая лесная почва) и остаточно-карбонатному (дерново-карбонатная почва), серой типичной почве на супесчаной породе, к его самым минимальным значениям – в серой типичной почве на суглинистой породе;

– по степени ожелезненности исследуемые почвы имеют средние и умеренно низкие ее значения, а по степени оксидогенеза все почвы можно отнести к почвам с умеренно низкой и низкой, за исключением чернозема выщелоченного, где степень оксидогенеза показала очень низкие значения.

Список литературы

1. Атлас. Иркутская область: экологические условия развития. – М.; Иркутск, 2004. 90 с.
2. Водяницкий Ю.Н. Химия и минералогия почвенного железа. – М.: Изд-во Почвенного ин-та им. В.В. Докучаева РАСХН, 2003. 238 с.
3. Волобуев В.Р. Экология почв. – Баку, 1963. – 260 с.
4. Зайдельман Ф.Р. Эколого-мелиоративное почвоведение гумидных ландшафтов. – М.: Агропромиздат, 1991. – 320 с.
5. Зонн С.В. Железо в почвах. – М.: Наука, 1982. – 207 с.
6. Карта почвенно-географического районирования СССР. М 1 : 8 млн. – М., 1983.
7. Классификация и диагностика почв СССР. – М.: Колос, 1977. – 223 с.
8. Классификация и диагностика почв России. – Смоленск: Ойкумена, 2004. – 324 с.
9. Козлова А.А. Почвы бугристо-западных ландшафтов Южного Предбайкалья. – Иркутск: Изд-во Института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, 2011. – 124 с.
10. Кузьмин В.А. Почвы Предбайкалья и Северного Забайкалья. – Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1988. – 175 с.
11. Почвоведение: учебник для университетов. В 2 ч./ под ред. В.А. Ковды, Б.Г. Розанова. Ч. 1. Почва и почвообразование. – М.: Изд-во «Высшая школа», 1988. – 368 с.
12. Теория и практика химического анализа почв / под ред. Л.А. Воробьевой. – М.: ГЕОС, 2006. – 400 с.