

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ВОД В ЛАНДШАФТАХ БЕЛАРУСИ

Н.К. ЧЕРТКО

Ландшафтная структура земной поверхности формируется под влиянием единого физико-географического процесса, который является производным взаимодействия эндогенных сил, инсоляции, миграции вещества и биогенного круговорота химических элементов.

Ландшафтную оболочку образуют совокупность природно-территориальных комплексов. Ее верхнюю границу проводят условно в толще тропосферы в пределах первых сотен метров, которая наиболее активно участвует в формировании аэраль-биогенного и аэрального подгоризонтов. В литосфере ее граница проводится по уровню горизонта грунтовых вод. Здесь В.А. Николаев (2000) выделяет геогоризонты первого порядка: литогидрогенный (горизонт грунтовых вод), литогенный (толща горных пород), биопедогенный (почвенный).

В ландшафтах на уровне родов наиболее конкретно представлен физико-географический процесс, который формирует его миграционную структуру с участием атмосферных, поверхностных и грунтовых вод. Они задают ландшафтной системе вещественно-энергетический поток и круговорот, емкость и скорость, режим, геохимические свойства и морфологические признаки, что определяет динамику и качество среды.

Вода служит пространственным базисом развития хозяйства и жизнедеятельности человека. В процессе влагооборота различные виды природных вод взаимосвязаны между собой и имеют динамичный годовой, сезонный, иногда суточный режим.

Природные воды являются частью ландшафта и одним из главных внешних факторов, контролирующих геохимические процессы, их интенсивность и направленность. Это обусловлено тем, что в динамике природных вод находят отражение климат

и характер рельефа. В соответствии с особенностями распространения и динамики поверхностных и почвенно-грунтовых вод и их взаимоотношения с горными породами находятся главные особенности геохимии других составных частей ландшафта: почв, растительности, донных осадков.

Интенсивность водообмена является критерием выделения трех родов в геохимии ландшафта:

- выщелачивания и выноса минеральных веществ из пород, территориально связанный с гидродинамическими областями формирования поверхностного и подземного стока (районы Белорусской гряды);
- выноса и частичной аккумуляции минеральных веществ, территориально совпадающий с гидродинамическими областями преимущественного транзита вод (районы Поозерья);
- аккумуляции минеральных веществ в водах и горных породах в пределах равнинных и пониженных районов (Полесье).

С гидродинамическим фактором, определяющим род геохимического ландшафта, связан климатический тип режимов питания, транзита и разгрузки природных вод, что влияет на результат многолетних режимных наблюдений. При выщелачивании и выносе минеральных веществ складывается однолетний и многолетний цикл климатического режима природных вод; для ландшафтов выноса и частичной аккумуляции – климатический режим многолетнего цикла; в областях аккумуляции вод – климатический режим однолетнего цикла [1].

Вода находится в постоянном взаимодействии с породой, т.е. протекает постоянный гидролиз. В зависимости от устойчивости породы к гидролизу определяется минерализация и химический состав вод, которые изменяются в родах ландшафтов,

выделенных в ландшафтоведении, с учетом генезиса и состава пород.

Нами изучался химический состав поверхностных и почвенно-грунтовых вод в пределах республики по 18-ти важнейшим микро- и макроэлементам [2, 3, 4, 5]. Образцы вод отбирались в типичных и наиболее распространенных родах ландшафтов на

протяжении длительного периода времени (1965-2005 гг.), что позволило определить ориентировочно среднее содержание химических элементов в поверхностных водах Беларуси. Результаты фонового содержания химических элементов в Беларуси и его сравнение с фоном вод поверхности суши Земли отражены в табл. 1.

Таблица 1. Среднее содержание химических элементов в поверхностных водах Беларуси (речные, озерные, почвенно-грунтовые), 1965-2005 гг.

Элементы	Воды, N=100 M±m, мг/л, РБ	Среднее (К) для суши Земли (по Ливингстону, 1968; Таркяну, 1969), мг/л	K _k
Si	3,5±0,052	5,53	0,63
Al	0,02±0,0002	0,48	0,05
Fe	0,56±0,025	0,39	1,43
Ca	43,6±1,39	29,26	1,49
Mg	8,0±0,22	13,11	0,61
Na	1,30±0,02	8,66	0,15
K	4,97±,012	1,44	3,45
N	2,30±0,12	1,11	1,80
C	344,0±23,40	2,90	12,70
P	0,023±0,07	0,049	0,47
S	2,55±0,31	9,44	0,27
Cl	11,6±0,60	15,26	0,76
Mn	0,037±0,0008	0,045	0,82
Zn	0,009±0,00003	0,075	0,12
Cu	0,018±0,0006	0,011	1,57
Co	0,0025±0,00004	0,002	1,25
B	0,009±0,0002	0,042	0,21
Mo	0,0023±0,00005	0,0013	1,76

Сравнительный анализ поверхностных вод Беларуси и поверхности Земли в целом с использованием коэффициента концентрации ($K_k = M/K$) позволяет выделить три группы химических элементов.

По сравнению с поверхностными водами суши в водах Беларуси более высокое содержание С, К, N, Мо, Cu, Ca, Fe ($K_k > 1$); очень низкое содержание Al, Na, Zn, B, S, P, Mg, Si ($K_k < 0,75$); близкое к фону поверхностных вод суши Земли – Co, Mn, Cl.

Изучался химический состав почвенно-грунтовых вод семи родов ландшафтов: холмисто-моренно-эрозионного; моренно-озерного; озерно-

ледникового; вторично-моренного; вторичного водно-ледникового; лессового; аллювиально-террасированного и нерасчлененного болотного. Влияние кальция на организм человека многообразно. Он участвует в образовании костной системы, передаче нервного возбуждения, сокращении мышц, регуляции проницаемости мембран, активации свертывания крови и деятельности пищеварительных ферментов. Суточная норма поступления организм составляет один грамм. Поэтому как избыток, так и недостаток в ландшафтах в одинаковой степени создают неблагоприятную природную среду. Для вод ландшафтов Беларуси характерно близкое содержание кальция к

норме (среднему содержанию для республики). Дефицит элемента отмечается в водах ландшафтов аллювиально-террасированных,

нерасчлененных болот, в меньшей мере во вторично-моренном и вторичном водно-ледниковом (рис. 1).

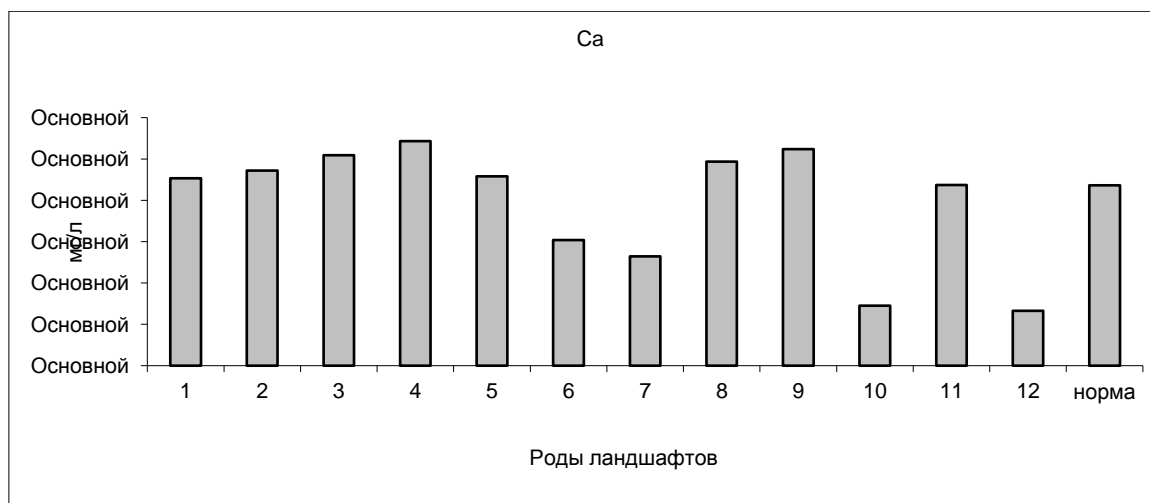


Рис. 1. Содержание кальция в почвенно-грунтовых водах ландшафтов Беларуси: 1 – холмисто-моренно-эрозионного; 2 – моренно-озерного элювиального; 3 – моренно-озерного элювиально-супераквального; 4 – озерно-ледникового элювиального; 5 – озерно-ледникового трансупераквального; 6 – вторично-моренного; 7 – вторичного водно-ледникового; 8 – лессового элювиально-аккумулятивного; 9 – лессового супераквального; 10 – аллювиально-террасированного; 11 – нерасчлененного болотного осушенного; 12 – нерасчлененного болотного неосушенного; 13 – норма.

Магний активирует и ингибирует некоторые ферменты. Суточное поступление в организм составляет в среднем 0,3 г, т.к. из пищи всасывается лишь 30%. Дефицит и избыток магния могут провоцировать ряд заболеваний.

Дефицит элемента отмечен в аллювиально-террасированных, нерасчлененных болотных ландшафтах; избыток – в морено-озерных и озерно-ледниковых ландшафтах (рис. 2).

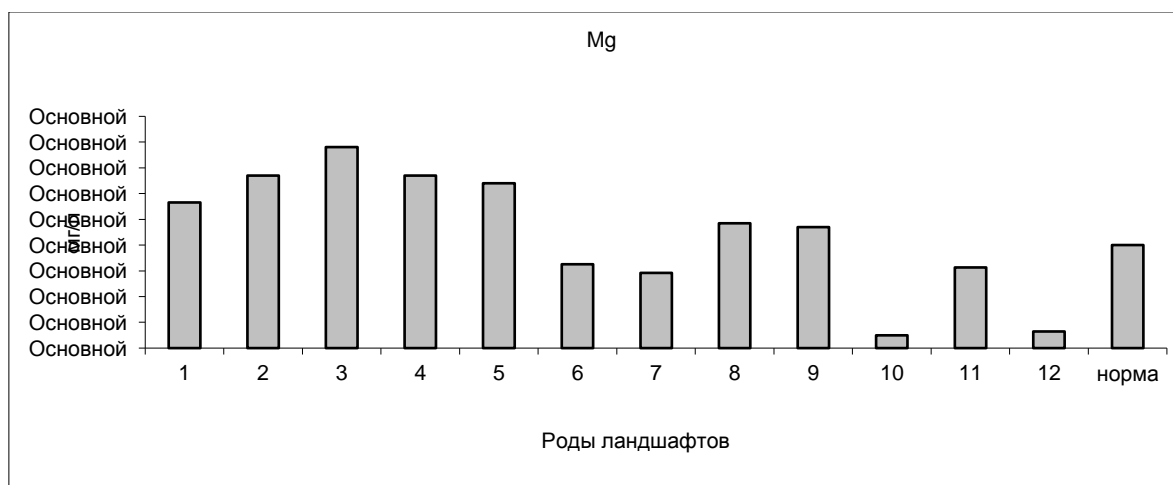


Рис. 2. Содержание магния в почвенно-грунтовых водах ландшафтов Беларуси (обозначения родов ландшафтов те же, что и на рис. 1).

Нормальное поступление натрия в организм человека в сутки с пищей составляет 2–5 г. В водах всех родов ландшафтов содержание натрия близко к

среднему, за исключением ландшафтов нерасчлененных болотных комплексов с резким его избытком (рис. 3).

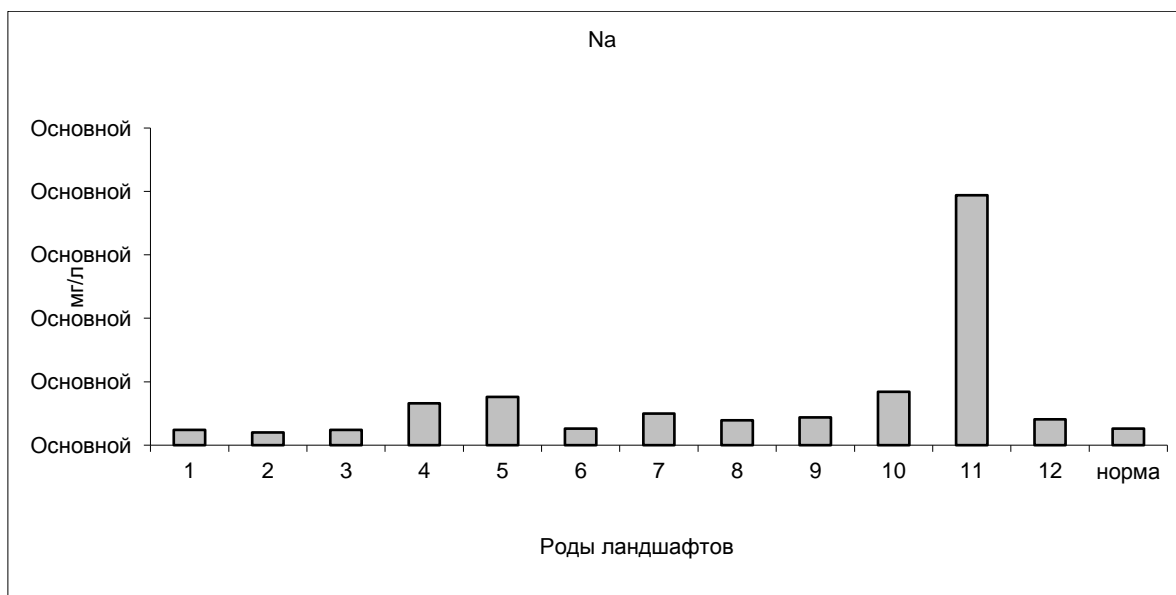


Рис. 3. Содержание натрия в почвенно-грунтовых водах ландшафтов Беларуси (обозначения родов ландшафтов те же, что и на рис. 1).

Суточное поступление калия в организм колеблется от 1,5 до 6,5 г. Он выполняет ряд функций в организме: ионный механизм возбуждения, проводимости и сокращения в клетках нервной системы, участвует в поддержке осмотического давления, кислотно-

щелочного состояния и т.д. Избыток и дефицит калия приводят к ряду заболеваний. В водах ландшафтов Беларуси содержание калия близкое к среднему по республике за исключением ландшафтов нерасчлененных болот (рис. 4).

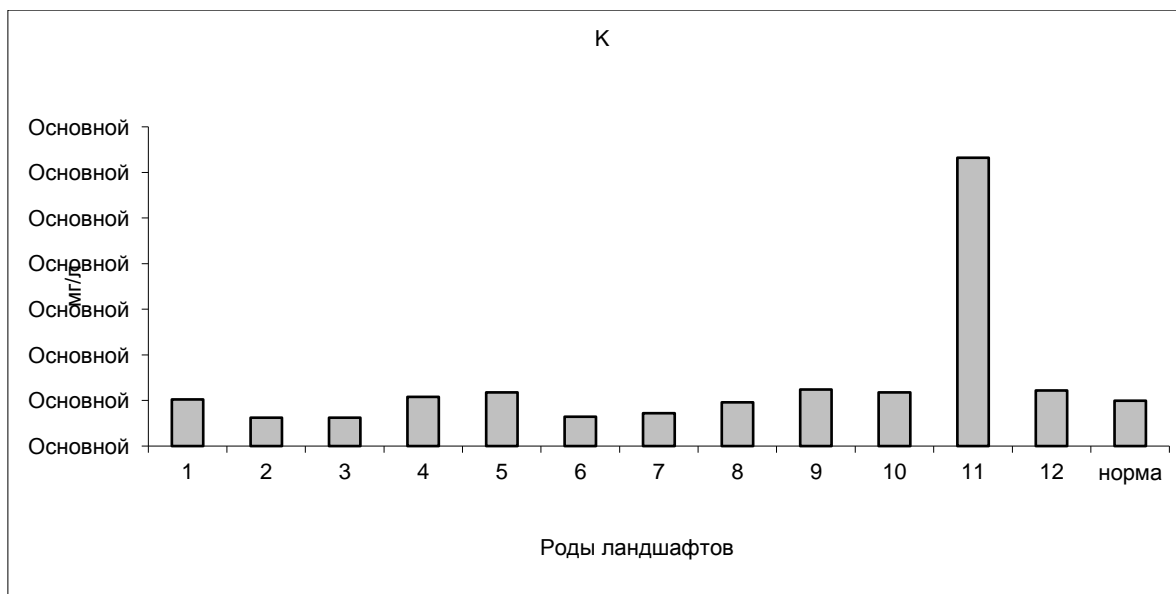


Рис. 4. Содержание калия в почвенно-грунтовых водах ландшафтов Беларуси (обозначения родов ландшафтов те же, что и на рис. 1).

Азот составляет основу всех белковых соединений. Его достаточно или избыточно в продуктах питания растительного и животного происхождения. Поэтому его содержание в водах должно быть в пределах нормы, что и характерно для большинства родов

ландшафтов. Весьма низкое содержание азота отмечено нами в водах вторичного водно-ледникового, а избыточное – в водах аллювиально-террасированного и нерасчлененного болотного ландшафтов (рис. 5).

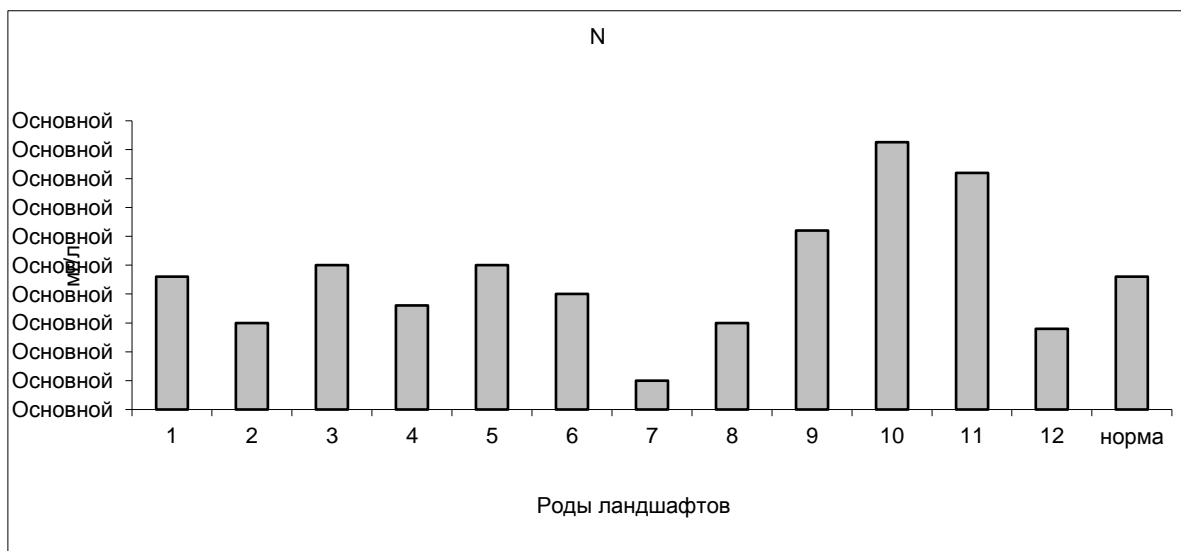


Рис. 5. Содержание азота в почвенно-грунтовых водах ландшафтов Беларуси (обозначения родов ландшафтов те же, что и на рис. 1).

Фосфор участвует во всех физиологических процессах организма. Дефицит вызывает заболевания рахитом и парадонотозом. Суточное потребление составляет около 2 г. По содержанию в водах ландшафты можно разделить на три

группы. В пределах нормы его содержание находится в водах лессового и озерно-ледникового элювиального ландшафта; избыток – в холмисто-моренно-эрозионном, морено-озерном и лессовом. (рис.6).

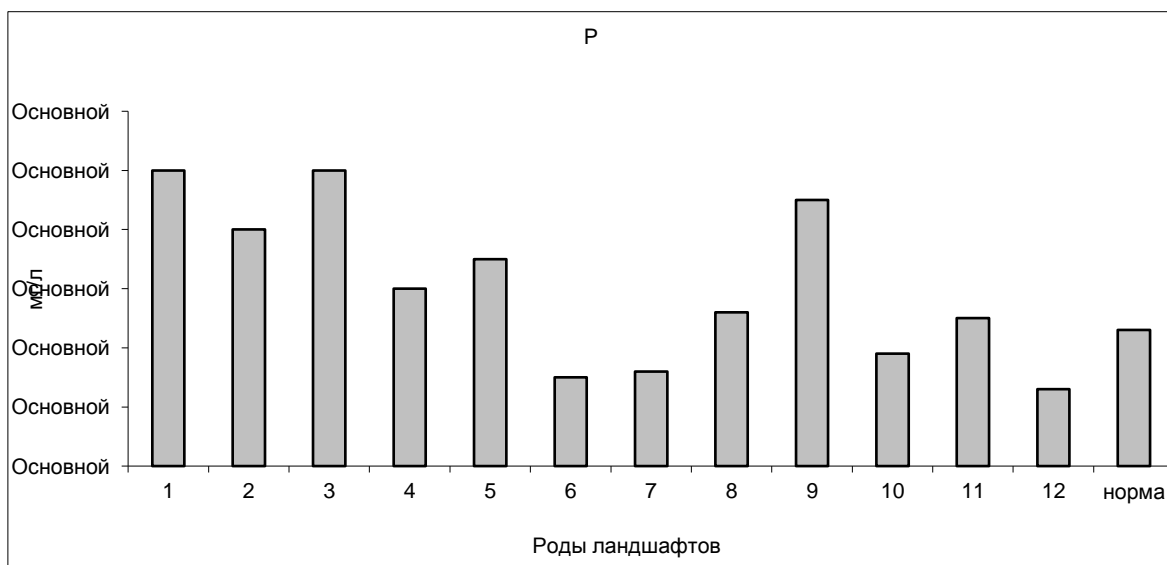


Рис. 6. Содержание фосфора в почвенно-грунтовых водах ландшафтов Беларуси (обозначения родов ландшафтов те же, что и на рис. 1).

В функциональном отношении в организмах сера сходна с азотом. Она определяет биологическую активность белков и входит в состав инсулина, цистина, метионина. Суточное поступление с пищей составляет 0,85–0,93 г. В поверхностные воды поступает из атмосферы значительное ее количество.

Заболевания связанные с избытком и недостатком серы не выявлены. Во всех родах ландшафтов воды содержат серу в пределах нормы. Избыток накапливается в водах ландшафтов нерасчлененных болотных комплексов, подверженных осушительной мелиорации (рис. 7).

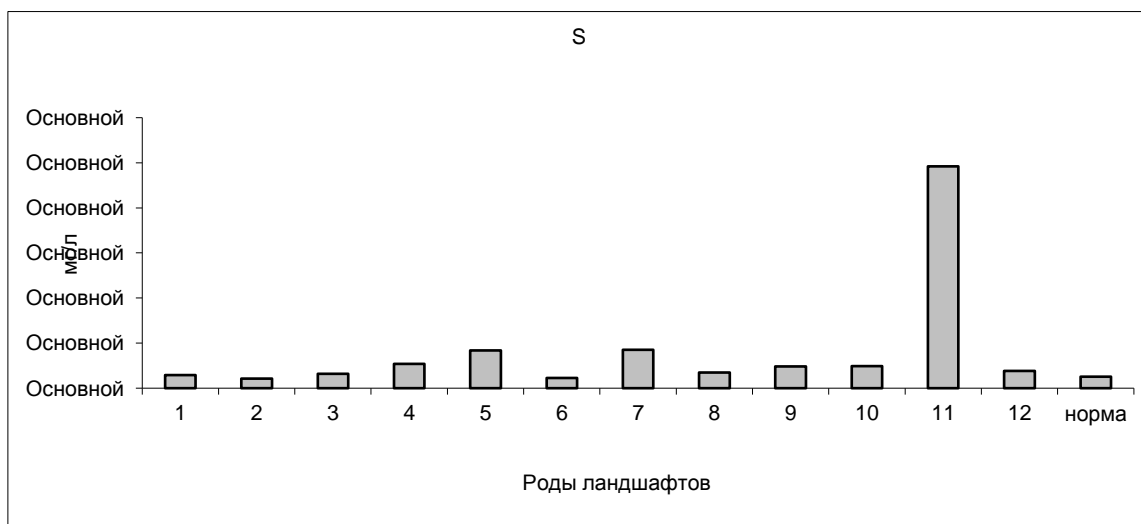


Рис. 7. Содержание серы в почвенно-грунтовых водах ландшафтов Беларуси: (обозначения родов ландшафтов те же, что и на рис. 1).

Хлор участвует в поддержании кислотно-щелочного равновесия. В сутки в организм поступает около 5,2 г хлора. Избыток раздражает дыхательные пути, развиваются тахикардия и лейкоцитоз. Содержание в водах ландшафтов близко к

среднему по республике. Высокий вынос хлора водами характерен для ландшафтов осушенных нерасчлененных болотных комплексов. Поступает в ландшафт преимущественно вместе с калийными удобрениями (рис. 8).

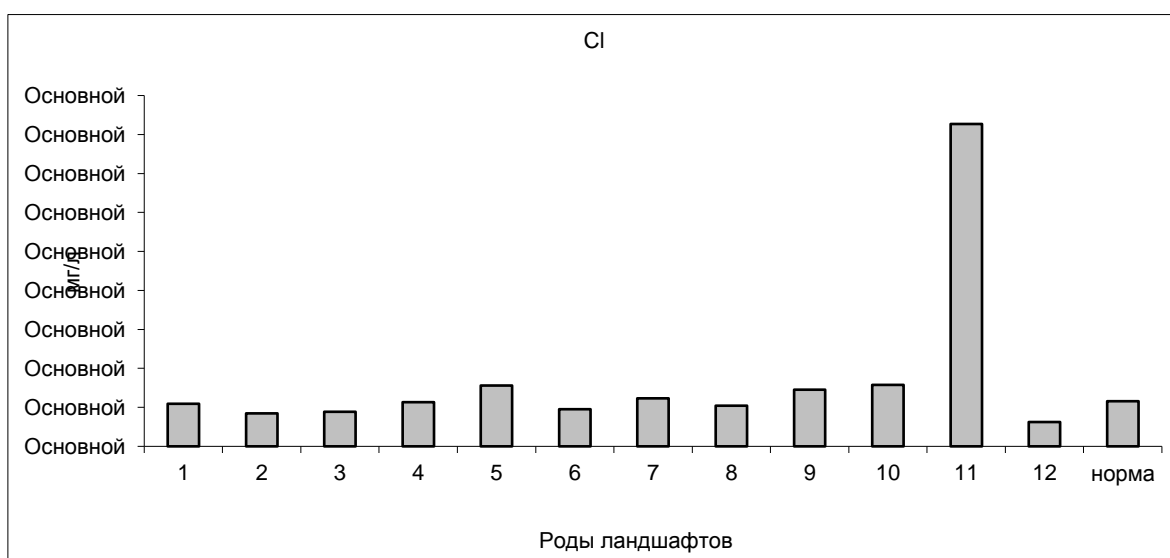


Рис. 8. Содержание хлора в почвенно-грунтовых водах ландшафтов Беларуси (обозначения родов ландшафтов те же, что и на рис. 1).

Кремний относится к макроэлементам, однако из-за слабой растворимости его соединений в условиях кислой среды, содержание в водах незначительно. Во всех ландшафтах его

количество почти в 2 раза ниже нормы (5,53 мг/л). Дефицит кремния приводит к задержке роста и массы тела, теряется эластичность костей (рис. 9).

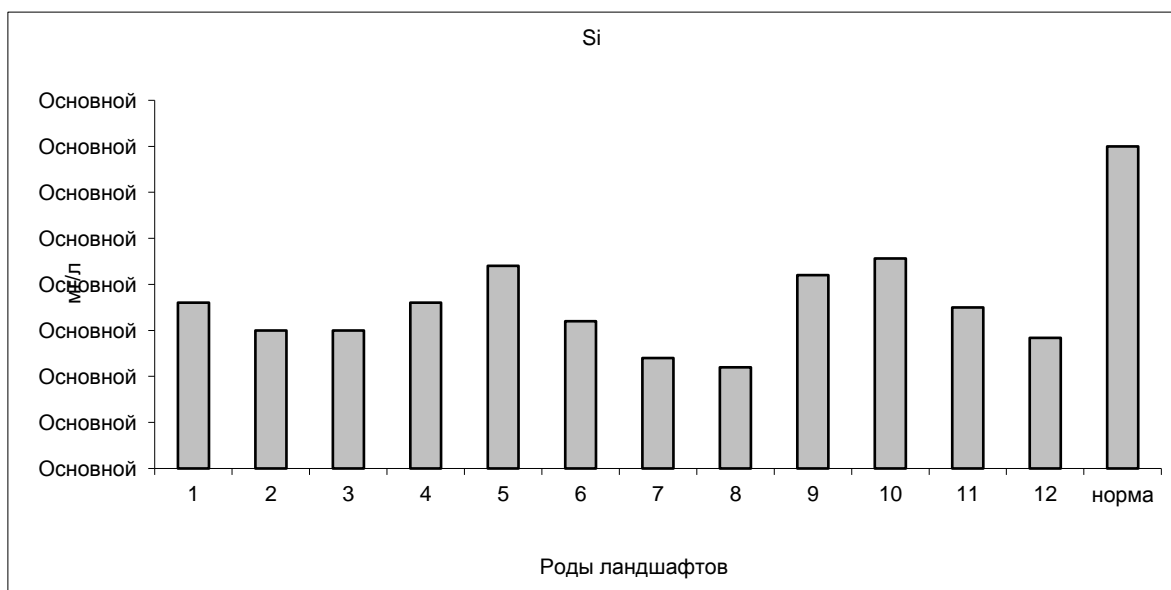


Рис. 9. Содержание кремния в почвенно-грунтовых водах ландшафтов Беларуси (обозначения родов ландшафтов те же, что и на рис. 1).

В поверхностных водах всех родов ландшафтов содержание железа ниже нормы, так как при проведении осушительных мелиораций происходит его окисление и прекращение миграции. В элювиальных ландшафтах железо осаждается на окислительном барьере. За

сутки поступает в организм 1–20 мг железа с пищей. Биологическая функция железа включает транспорт кислорода, участие в окислительно-восстановительных реакциях. Дефицит и избыток железа в организме вызывает широкий спектр синдромов (рис. 10).

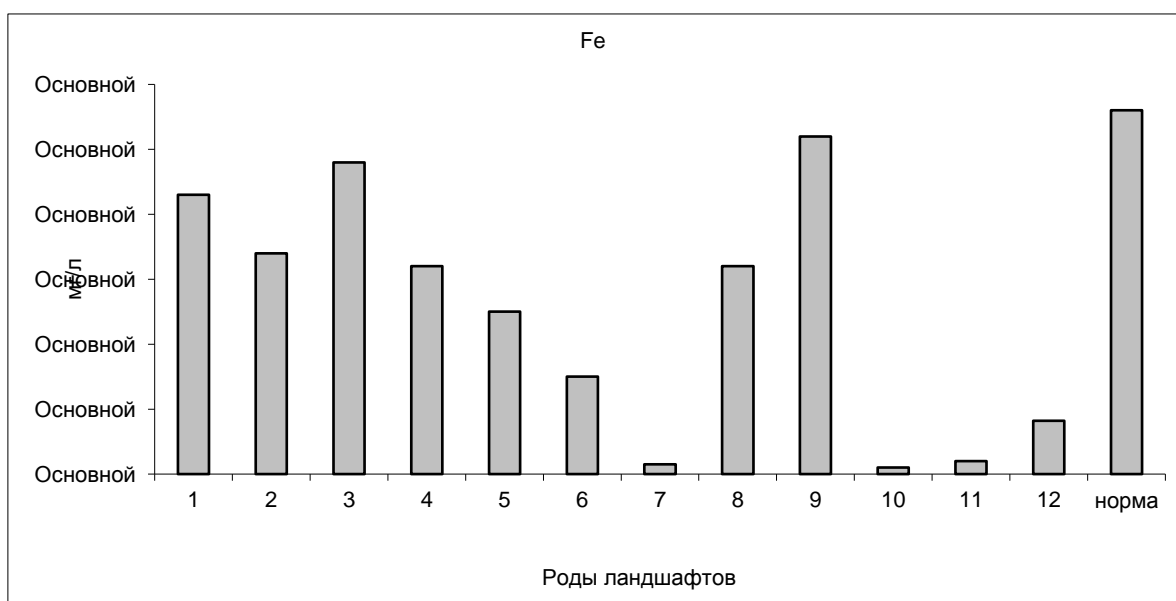


Рис. 10. Содержание железа в почвенно-грунтовых водах ландшафтов Беларуси (обозначения родов ландшафтов те же, что и на рис. 1).

В геохимическом отношении марганец проявляет миграционные способности аналогично железу. Его физиологические функции в организме весьма разнообразны, поэтому при избытке и недостатке возникает широкий

спектр заболеваний. Преобладающее большинство ландшафтов содержит в водах марганец в пределах нормы. Избыток его отмечен в холмисто-моренно-эрозионном и озерно-ледниковом ландшафте (рис. 11).

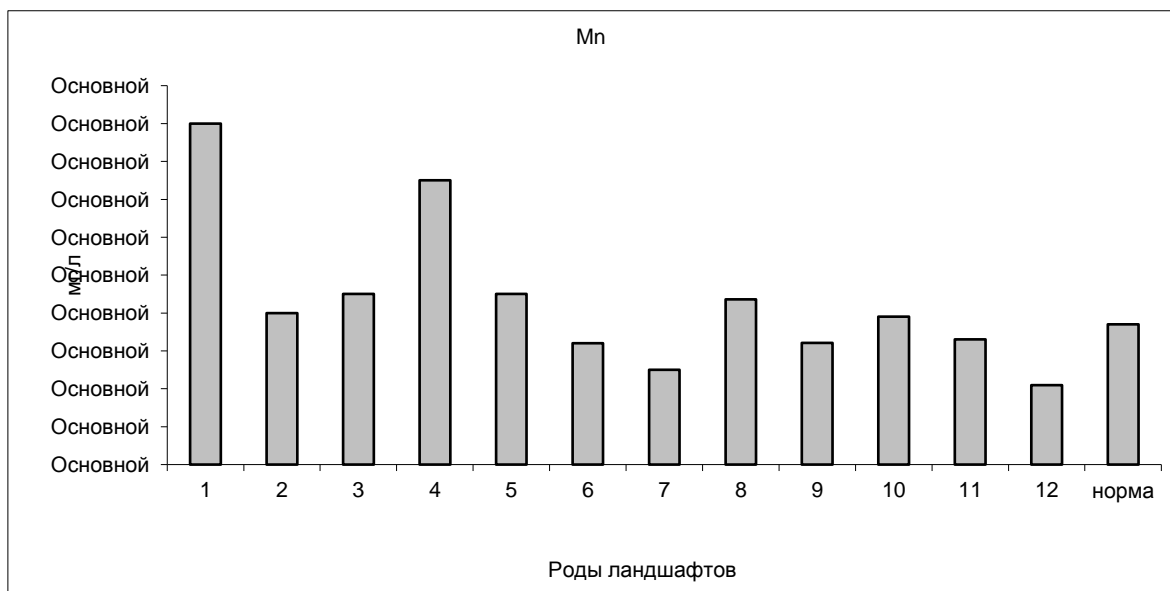


Рис. 11. Содержание марганца в почвенно-грунтовых водах ландшафтов Беларуси (обозначения родов ландшафтов те же, что и на рис. 1).

Для большинства родов ландшафтов характерен дефицит цинка. Избыток его в водах вторично-моренных, холмисто-моренно-эрозионных и морено-озерных ландшафтов (рис. 12). С водой за сутки поступает 1 мг цинка при норме 13 мг. Основная часть приходится на другие

продукты питания. С цинком связывают широкий спектр заболеваний при его избытке и недостатке, так как он выполняет важные физиологические функции в организме, связанные с обменом веществ, ростом и развитием.

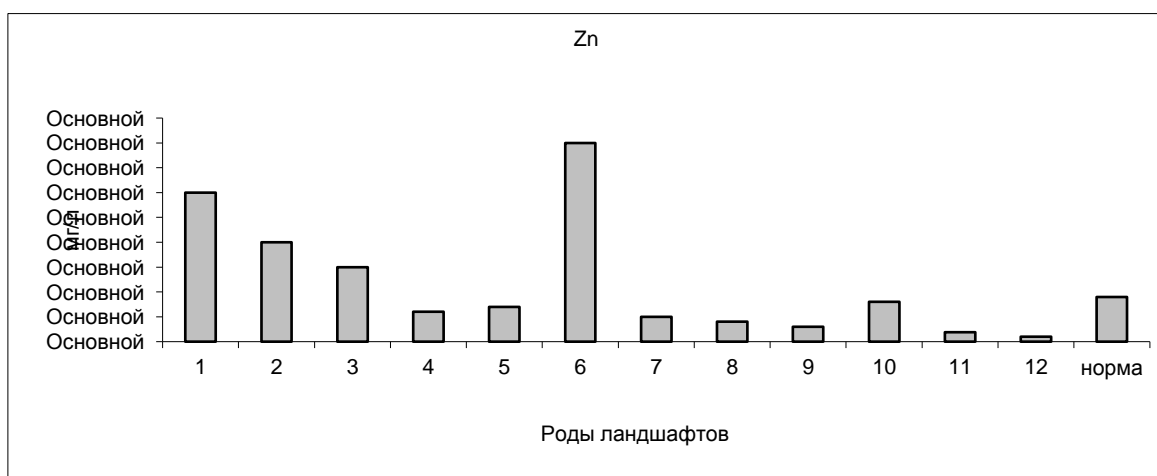


Рис. 12. Содержание цинка в почвенно-грунтовых водах ландшафтов Беларуси (обозначения родов ландшафтов те же, что и на рис. 1).

Распределение меди в водах по родам ландшафтов весьма контрастно. Весьма низкое его содержание в аллювиально-террасированных и нерасчлененных болотных ландшафтах, высокое в озерно-ледниковом (рис. 13). Медь, как и цинк, полифункциональна. За

сутки с пищей поступает 3,5 мг. Медь участвует во многих физиологических и патологических состояниях в составе окислительно-восстановительных ферментов, поэтому при дефиците меди возникает широкий спектр заболеваний.

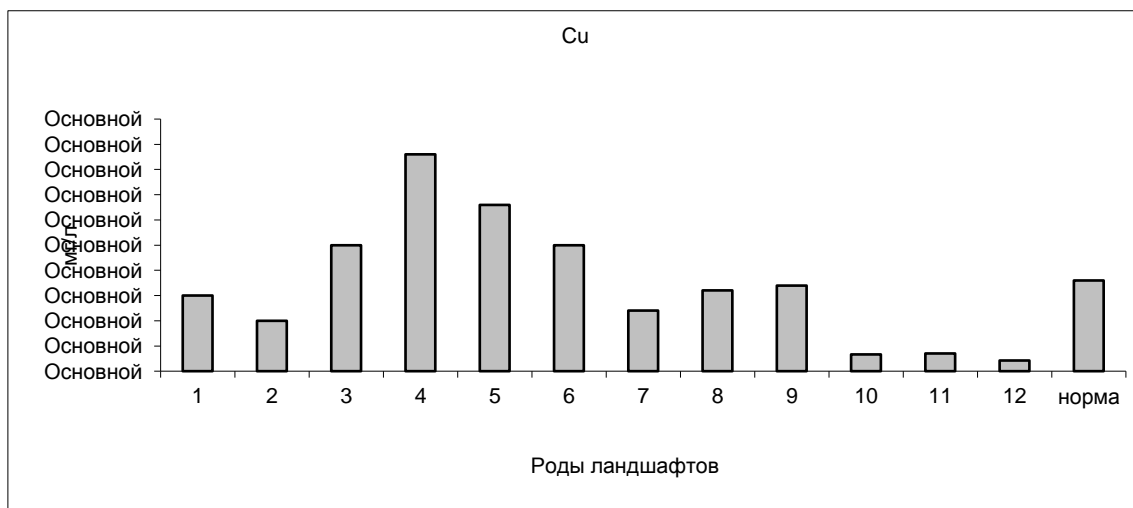


Рис. 13. Содержание меди в почвенно-грунтовых водах ландшафтов Беларуси (обозначения родов ландшафтов те же, что и на рис. 1).

Бор относится к незаменимым химическим элементам в живых организмах. В растениях он концентрируется в точках роста, в организме человека – в разных органах до 56 мкмоль/кг. Поэтому его недостаток задерживает рост, а избыток вызывает

гипогонадизм. Для ландшафтов Беларуси характерен дефицит бора. Избыток отмечен в водах лессового элювиально-аккумулятивного и морено-озерного супераквального ландшафтов; в пределах нормы – в водах лессовых и моренных пород (рис. 14).

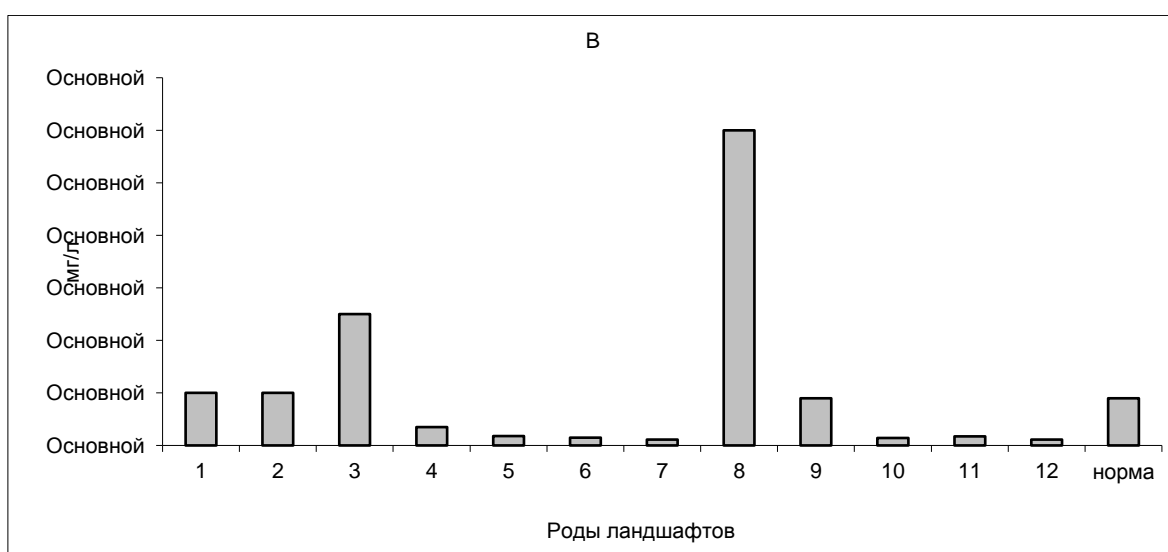


Рис. 14. Содержание бора в почвенно-грунтовых водах ландшафтов Беларуси (обозначения родов ландшафтов те же, что и на рис. 1).

Кобальт выполняет важную физиологическую функцию в организме человека, входя в состав витамина В₁₂. Кроме того, с избытком и дефицитом кобальта связан ряд заболеваний нервной системы, костей, анемия, бронхит, гипотония. С пищей за сутки поступает

0,3–1,8 мкг. Ландшафтные воды республики бедны по содержанию бора и в большинстве из них количество его ниже нормы. Избыток характерен для следующих ландшафтов: вторичного водно-ледникового, озерно-ледникового и лессового (рис. 15).

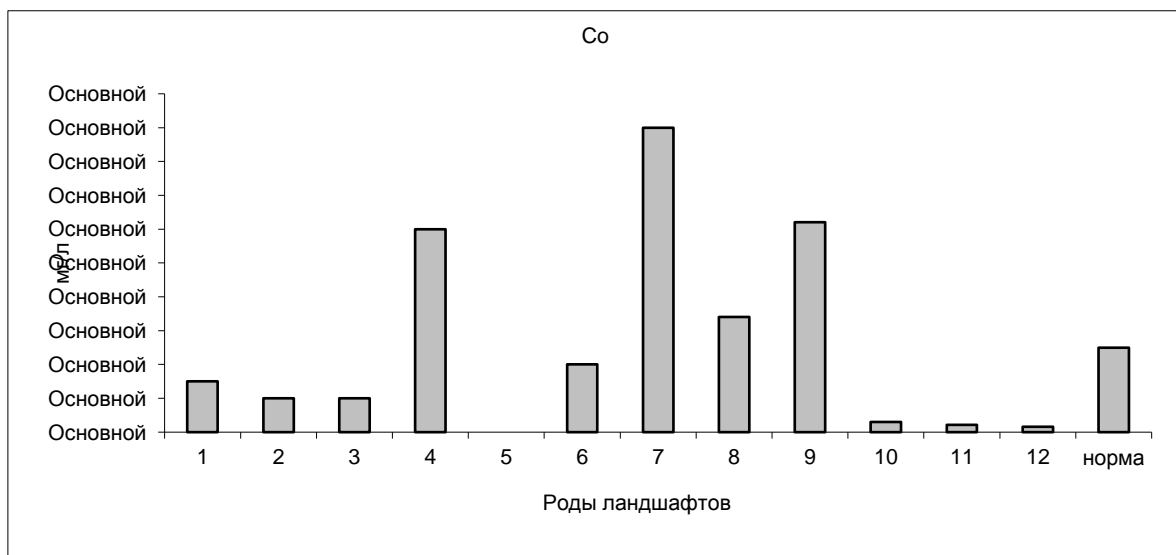


Рис. 15. Содержание кобальта в почвенно-грунтовых водах ландшафтов Беларуси (обозначения родов ландшафтов те же, что и на рис. 1).

Молибден необходим живым организмам. Поступление с пищей его составляет 0,3 мг за сутки. При недостатке нарушается синтез белков и липидов, при избытке – деформация костей, мышечная атония, угнетение функции костного мозга. В водах ландшафтов Беларуси

содержание молибдена ниже нормы и его следует считать дефицитным элементом. Некоторый избыток по отношению к норме отмечен в озерно-ледниковом ландшафте, а воды лессовых ландшафтов содержат его в пределах нормы (рис. 16).

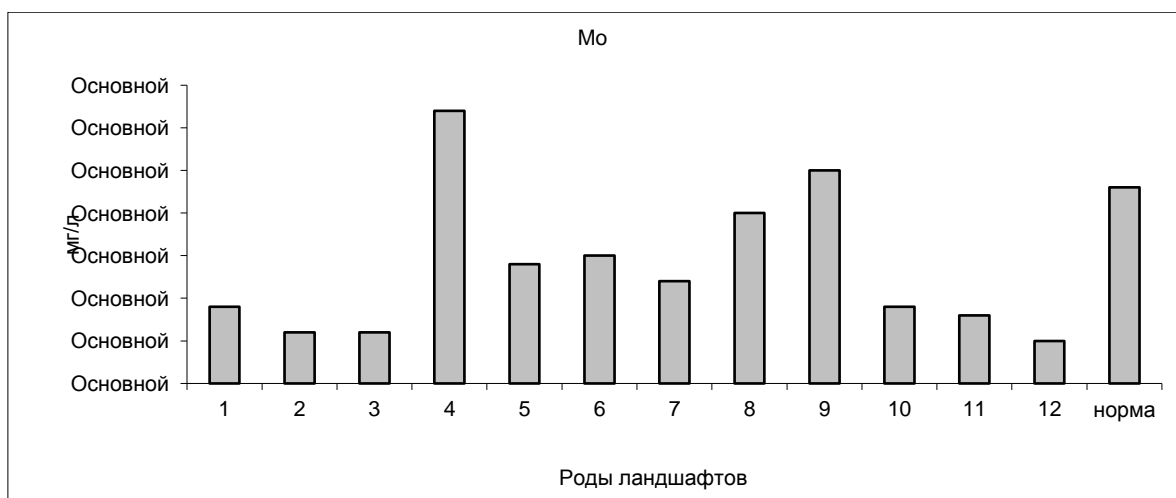


Рис. 16. Содержание молибдена в почвенно-грунтовых водах ландшафтов Беларуси (обозначения родов ландшафтов те же, что и на рис. 1).

Углерода практически достаточно во всех ландшафтах, так как он входит в составные части продуктов питания (белки, жиры, углеводы). Однако при минерализации органики углерод переходит в углекислый газ атмосферы. Основным источником углерода в водах

являются растворимые соли угольной кислоты. Их растворение зависит от концентрации растворимого углекислого газа в воде. Поэтому для вод характерно содержание углерода ниже нормы во всех родах ландшафтов (рис. 17).

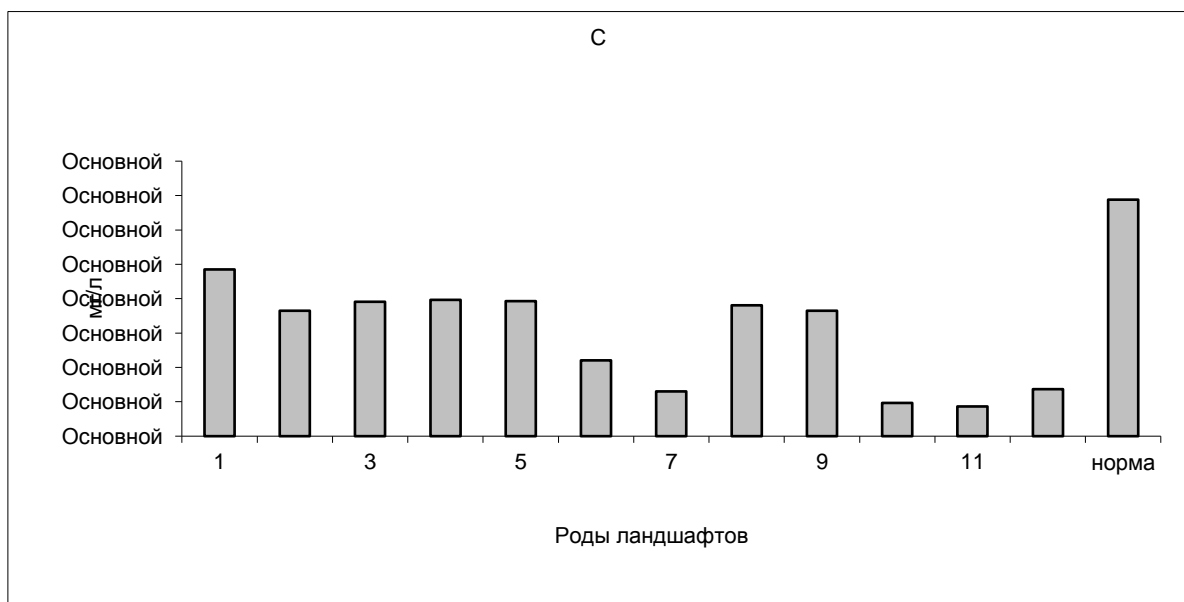


Рис. 17. Содержание углерода в почвенно-грунтовых водах ландшафтов Беларуси (обозначения родов ландшафтов те же, что и на рис. 1).

Для алюминия не доказана какая-либо физиологическая функция в организме, поэтому заболевания обычно вызываются избытком данного элемента: синдром Альцгеймера, энцефалопатия, болезнь Паркинсона, болезнь Дауна, т.е. все синдромы, связанные с заболеванием головного мозга. В водах ландшафтов Беларуси содержание алюминия ниже в 20 раз по сравнению с водами суши (см. табл. 1).

Таким образом, результаты исследований показали, что ландшафты Беларуси нуждаются в геохимической оптимизации для создания нормальных условий для развития живых организмов. Следует корректировать содержание всех химических элементов в ландшафтах Беларуси, поэтому актуальным направлением исследования должна быть разработка геохимических способов оптимизации ландшафтов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гидрохимические исследования. Методические указания. Вып.10. Л.: Недра, 1970.
2. *Чертко Н.К., Карпиченко А.А.* // Природные ресурсы. Мн., 2003. № 2. С. 84-91.
3. *Чертко Н.К., Карпиченко А.А.* // Вестн. Белорус. ун-та. Сер. 2. 2004. № 3. С. 63-68.
4. *Карпиченко А.А.* // Почвоведение и агрохимия. 2005. № 1 (34). С. 104-107.
5. *Чертко Н.К., Карпиченко А.А., Жумарь П.В.* // Повышение эффективности мелиорации сельскохозяйственных земель: Докл. Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 75-летию Ин-та мелиорации и луговодства НАН Беларуси и 95-летию со дня рожд. акад. С.Г. Скоропанова, Минск, 20-22 сент. 2005 г. / НАН Беларуси, РУП «Ин-т мелиорации и луговодства НАН Беларуси». – Мн., 2005. – С. 435-436.