

Проскурняк М.М. Структура ґрунтового покриву закарстованих ландшафтів Прут-Дністерського межиріччя.

Структура ґрунтового покриву закарстованих ландшафтів дослідного полігону відзначається висотною диференціацією та латеральною контрастністю.

Ключові слова: закарстовані ландшафти, структура ґрунтового покриву.

Proskurniak M.M. The structure of soil covering of karst landscapes of the Prut-Dnister rivers.

The structure of soil covering of karst landscapes of the research ground is characterized with high differentiation and lateral contrast.

Keywords: karst landscapes, structure of soil covering.

Проскурняк М.М. Структура почвенного покрива закарстованих ландшафтів Прут-Дністровського межуріччя.

Структура почвенного покрива закарстованих ландшафтів полігону досліджень відрізняється висотною диференціацією та латеральною контрастністю.

Ключевые слова: закарстовані ландшафти, структура почвенного покриву.

Надійшла до редколегії 11.06.2013

УДК 556, 911

Пряхина Г.В., Зелепукина Е.С.,

Гузэль Н.И., Журавлев С.А.

Санкт-Петербурзький державний університет

(Російська Федерація)

**ЛАНДШАФТНО-ГИДРОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА
ВОДОСБОРА РЕКИ АМЫЛ**

Ключевые слова: ландшафт, водосбор, гидрограф стока, Западный Саян, р. Амыл

Расчеты стока на горных водосборах, в том числе и методами математического моделирования, вследствие труднодоступности территории, редкой сети стационарных наблюдений, отсутствием подробных тематических карт и обобщений зачастую сильно усложняются. Проведение экспедиционных работ, включающих ландшафтно-гидрологические исследования, позволяет уточнить, а в ряде случаев получить новую информацию о характеристиках почвенно-растительного покрова, которая может быть использована как в традиционных методах расчетов стока, так и при моделировании формирования стока.

В 2011-2013 гг. сотрудниками факультета географии и геоэкологии СПбГУ были проведены комплексные экспедиционные исследования на водосборе р. Амыл, включавшие в себя ландшафтные и гидрографические работы. Выбор бассейна р. Амыл в качестве модельного водосбора для изучения процессов формирования стока в горных районах не случаен. С одной стороны, этот водосбор характеризует ландшафты северного макросклона Западного Саяна, а с другой стороны, на территории водосбора имеется довольно густая сеть гидрометеорологических постов (рис.1).

ISSN 0868-6939 Фізична географія та геоморфологія. – 2013. – Вип. 3(71)

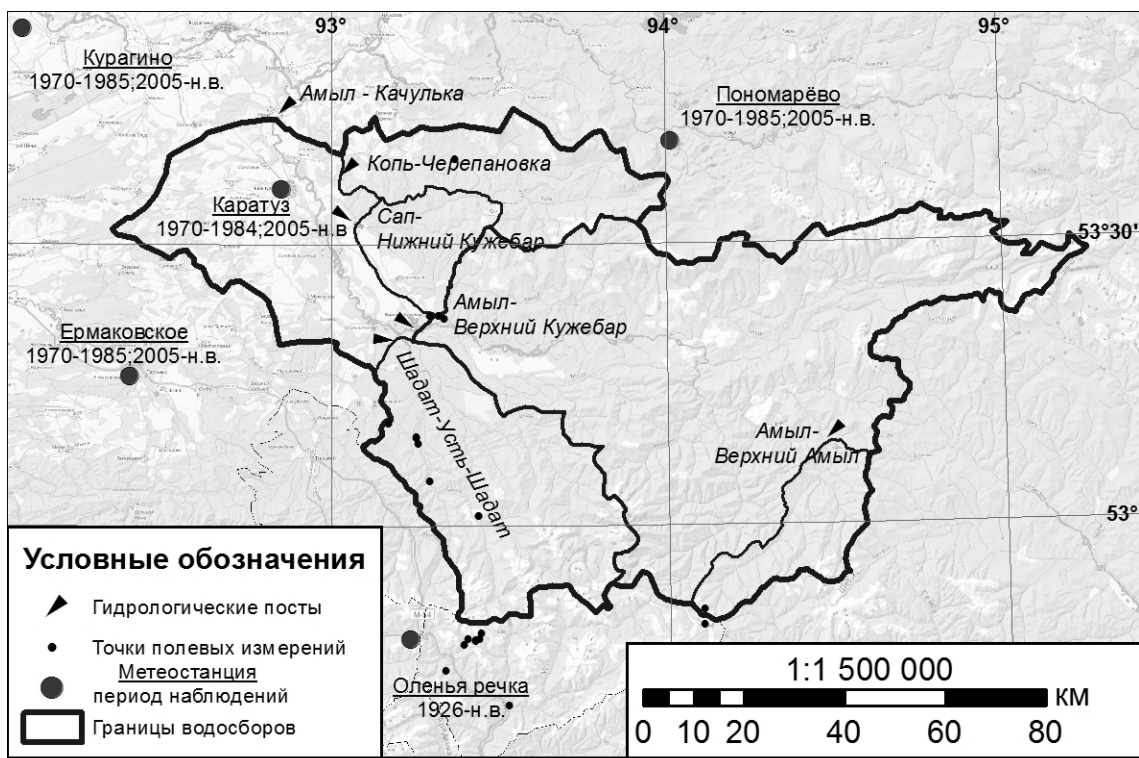


Рис. 1 – Схема района исследований.

Река Амыл берет начало на водоразделе хребтов Кудбай и Тыстыгем на высоте около 1500 м и впадает в реку Тубу (правый приток Енисея) на юге Красноярского края. Средний годовой расход реки в замыкающем створе составляет $207 \text{ м}^3/\text{с}$. Водосборный бассейн р. Амыл расположен преимущественно в низко- и среднегорной части северного макросклона Западного Саяна (примерно 44 % площади водосборного бассейна лежит ниже 600 м БС) в диапазоне высот от 200 до 2000 м (рис. 2).

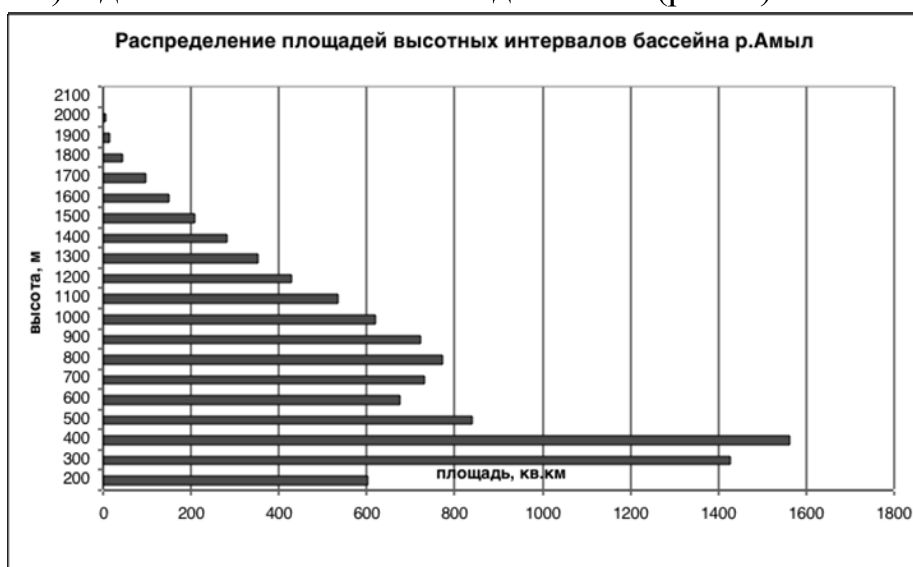


Рис. 2 – Распределение площадей водосбора р. Амыл по высотным интервалам.

Значительная (более 80 %) часть водосбора занята лесом. Озерность не превышает 1%, болота и заболоченные территории характерны для пойменных участков крупных рек и занимают не более 5 % площади.

Водный режим характеризуется весенне-летним половодьем с максимумом во второй половине мая - начале июня. Летом и осенью наблюдаются дождевые паводки, причем в отдельные годы они могут превышать подъемы половодья, поэтому летне-осенняя межень имеет повышенную водность. Основная часть стока (в среднем 68 %) формируется за счет талого снега, 27% — за счет осадков, на долю грунтовых вод приходится 5%. Половодье в верховьях р. Амыл длится в среднем со второй декады апреля по третью декаду июня. В низовьях половодье начинается в среднем 10 апреля, а заканчивается 5 июля [6, 7]. Столь продолжительное половодье свидетельствует о разновременном таянии снежного покрова на разных частях водосбора в зависимости от высотного положения.

Количество дождевых паводков в бассейне в среднем за сезон достигает 10 со средней продолжительностью 7 дней (пост Амыл-Качулька).

Модули среднегодового стока изменяются для рассматриваемого региона в пределах от 10 до 30 л/км²·с, а максимальные модули весеннего половодья достигают 700-900 л/км² [6, 7].

Минимальные модули стока за период открытого русла сравнительно велики и достигают 10 л/км²·с, зимой их величина в 5-6 раз меньше [6,7].

В качестве основы для моделирования стока горных рек нами была принята моделирующая система «Гидрограф», разработанная Ю. Б.Виноградовым [8], для реализации которой необходимо выделить на территории водосбора стокоформирующие комплексы и составить для них базу параметров, включающую, в том числе, параметры почвенно-растительного покрова.

Под стокоформирующим комплексом (СФК) понимается территория, условно однородная в гипсографическом, геоморфологическом, геологическом, гидрологическом, экологическом отношениях [8]. Предполагается, что в пределах СФК процесс формирования стока достаточно единообразен, а его количественные характеристики (параметры) могут быть осреднены.

Характеристики почвенно-растительного покрова (проективное покрытие различных ярусов растительности, механический состав почв, степень антропогенной и спонтанной нарушенности и др.) были получены в рамках экспедиционных работ 2011-2012 гг.

На основе материалов полевых исследований с привлечением опубликованных среднемасштабных карт почв и четвертичных отложений, а также данных дешифрирования космических снимков, нами была составлена ландшафтная карта водосборного бассейна р.Амыл в масштабе 1:500000 (рис.3).

Ландшафтная структура водосборного бассейна р. Амыл характеризуется значительным разнообразием. Наиболее низкие части водосборного бассейна р.Амыл представлены сочетанием равнин, холмистых предгорий и широких аллювиальных долин. Общая площадь слабоволнистых, иногда плоских равнин, перекрытых мощным чехлом суглинистых и лессовидных отложений, превышает 1,5 тыс. км².

Таблица 1 – Условные обозначения к ландшафтной схеме

Тип рельефа, поверхностные отложения	№ на карте	Почвенно-растительный покров
Денудационные крутые глубоко- и среднерасчлененные склоны, перекрытые супесчаными делювиальными, в нижних частях делювиально-коллювиальными отложениями разной мощности	1.2	Гольцы с пятнами альпийских разнотравных лугов на малоразвитых щебнистых почвах
	1.3	Субальпийские высокоотравные луга, иногда закустаренные, местами кустарничковые разнотравные, дерновоподзолистых почвах
	1.4	Ерники разнотравно-зеленомошные на горно-тундровых почвах
	1.5	Пихтово-кедровые и пихтовые разнотравно-кустарничково-зеленомошные леса на ржавоземах
	1.6	Редкостойные пихтово-кедровые, часто с густым мелколистным подлеском разнотравные леса на ржавоземах
	1.7	Кедрово-пихтовые с березой папоротничково-разнотравные леса на ржавоземах
	1.8	Мелколиственные с кедром или елью разнотравные, часто закустаренные леса (последствия ветровалов) на серых почвах
	2	Березово-сосновые разнотравные леса на ржавоземах
		Березняки на месте рубок, гарей на ржавоземах
Пологие слабодерасчлененные склоны холмов и гряд, перекрытые делювиальными отложениями разной мощности	3	Пихтово-кедровые кустарничково-зеленомошные в сочетании с высокоотравными лугами на темно-гумусовые глеевых почвах
	3.1	Гольцы с пятнами альпийских разнотравных лугов на малоразвитых щебнистых почвах
	3.2	Пихтово-кедровые, кедровые разнотравные леса на буроземах
Альпийские вершины, а также крутые склоны гравитационного сноса	4	Практически лишённые растительного покрова на малоразвитых щебнистых почвах
Холмисто-останцовые предгорья	5	Пихтовые и кедрово-пихтовые разнотравно-зеленомошные леса на буроземах
пологонаклонные, местами средне- и крутосклонные с частыми выходами коренных пород, перекрытые супесчано-суглинистыми делювиальными отложениями разной мощности	5.2	Березово-сосновые разнотравно-папоротничковые леса в сочетании с разнотравно-злаковыми лугами, зарастающими ивой и березой на горных темно-серых почвах
	5.3	Березовые, иногда с сосной, разнотравные леса на горных темно-серых почвах
	5.4	Сельхозугодья на месте разнотравно-злаковых степей на черноземах малогумусных
Плоские и слабоволнистые равнины, перекрытые супесчано-суглинистыми, местами лессовидными отложениями	6	Мелколиственные (березово-осиновые), иногда с пихтой папоротничково-разнотравные леса в сочетании с высокоотравными лугами на темно-серые глеевых почвах
	6.1	Сосново-березовые и березово-сосновые разнотравные леса на темно-серых почвах
	6.2	Разнотравно-злаковые степи в сочетании с мелколиственными разнотравными лесами на черноземах оподзоленных
	6.3	Сельхозугодья на месте разнотравно-злаковых степей на черноземах среднетощих
	6.4	Еловые с кедром или сосной с примесью мелколиственных пород папоротничково-разнотравные леса в сочетании с высокоотравными лугами на аллювиально-гумусовые почвах
Речные долины, в том числе поймы, дренированные	7.1	

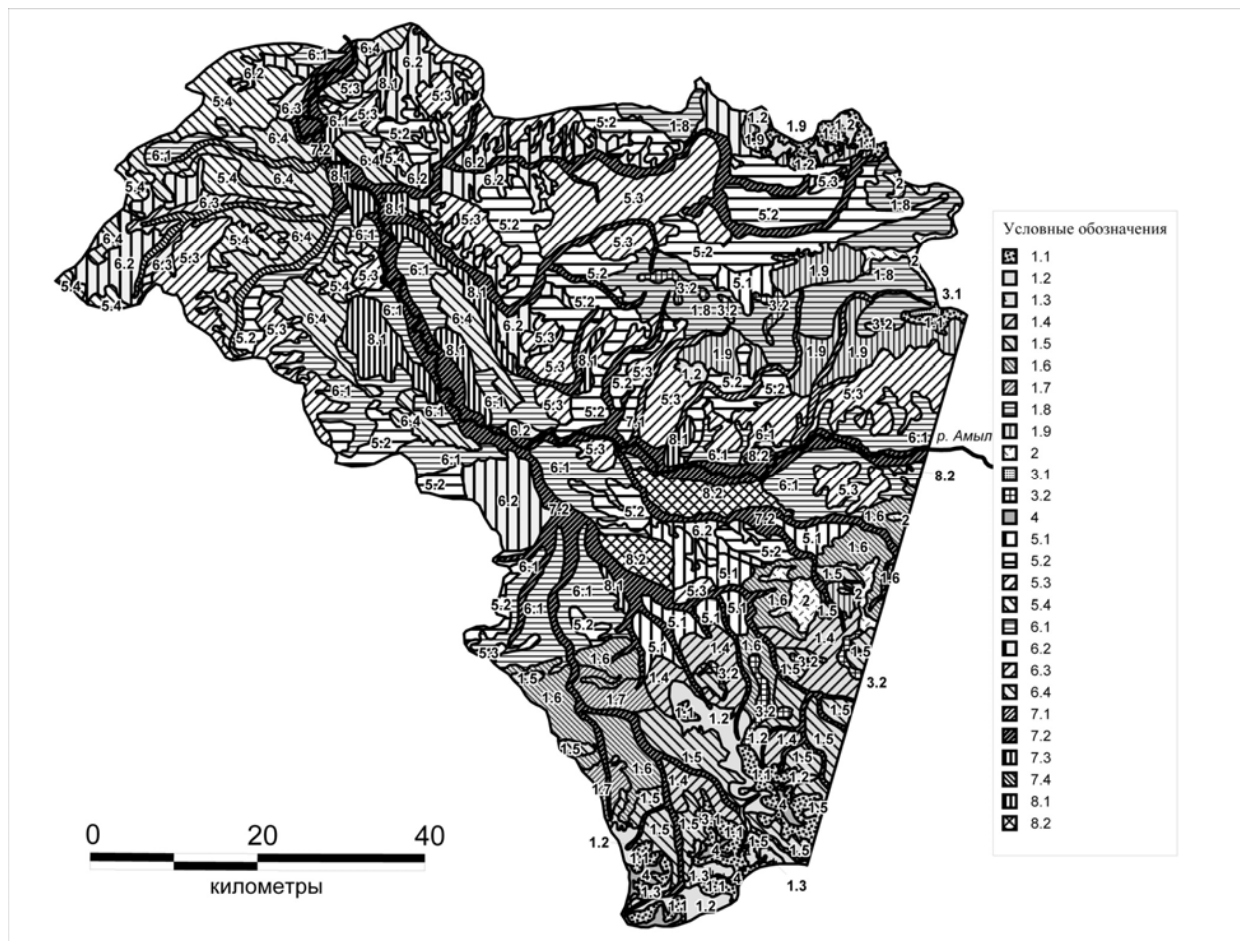


Рис. 3 – Фрагмент ландшафтной карты (северо-западная часть водосборного бассейна р. Амур).

На хорошо дренируемых участках равнин сформировались богатые гумусом черноземы, которые вблизи населенных пунктов большей частью распаханы. Однако бóльшая часть равнин занята березово-осиновыми, иногда с пихтой, папоротниково-разнотравными и сосново-березовыми разнотравными лесами на темно-серых глеевых почвах. Также встречаются разнотравно-злаковые степи в сочетании с мелколиственными разнотравными лесами на оподзоленных черноземах.

Долины рек представлены в верховьях березовыми и елово-березовыми лесами на аллювиально-гумусовых почвах, чередующимися с высокотравными лугами (максимальная высота травостоя до 1,5 м, проективное покрытие достигает 70–80 %). В нижнем течении широкие поймы и аллювиальные долины заняты преимущественно мелколиственными, иногда с участием сосны, высокотравными лесами на аллювиально-гумусовых почвах, чередующимися (на подтопляемых участках) с зарослями прирусловых кустарников (различные виды ив, спирей и др.) и галечниковыми и песчано-галечниковым пляжами, практически лишенными растительного покрова за исключением редких «пионерных» группировок. Отдельные участки речных долин заняты разнотравными лугами, подвергающимися активному выпасу и сенокосу.

В нижнем течении река изобилует меандрами, старицами, протоками, что обуславливает наличие слабодренированных участков, занятых мелколиственными осоково-разнотравными заболоченными лесами (или густыми зарослями подроста осины, березы и сосны) в сочетании с высокотравными лугами, зарастающие мелколиственными породами. Общая площадь разнотравно-осоковых болот на торфяных почвах превышает 100 км² (на карте обозначения 8.2).

Площадь холмисто-останцовых предгорий с относительным превышением скальных выходов над равнинной территорией в среднем 50-70 м составляет почти 2 тыс. км². Перекрытые супесчано-суглинистыми делювиальными отложениями склоны холмов и гряд к северу от Верхнего Кужебара заняты березо-сосновыми богато-разнотравными лесами на горных темно-серых почвах, а южнее впадения р. Тайгиш пихтовыми и кедрово-пихтовыми разнотравно-зеленомошными лесами на буроземах.

Наибольшие площади на водосборе занимают склоны горных хребтов средней крутизны покрытые преимущественно темнохвойной тайгой. В средних частях склонов леса представлены пихтово-кедровыми, пихтовыми разнотравно-кустарничково-зеленомошными, а также редкостойными пихтово-кедровыми, часто с густым мелколиственным подлеском, на ржавоземах, сформированных на супесчаном щебнистом делювии коренных пород (сланцы). В нижних частях склонов, перекрытых мощной толщей делювиальных отложений, распространены кедрово-пихтовые с березой папоротниково-разнотравные и богаторазнотравные леса с обильным кустарниковым ярусом из жимолости, спиреи и др.

В настоящее время влияние хозяйственной деятельности на ландшафты водосбора существенно ниже, чем 30-40 лет назад, когда площадь сельскохозяйственных земель была значительно больше. На территории походились масштабные лесозаготовки кедра и пихты. Отмечено активное восстановление хвойных лесов через пихту и мелколиственные породы. Сведение леса и прокладка дорог для вывоза деревьев в ряде случаев способствовали заболачиванию плоских пониженных территорий. Значительные площади занимают заброшенные сельскохозяйственные угодья, зарастание которых происходит кустарниковой ивой, березой, осинкой, иногда сосной. В последние годы на территории водосборного бассейна проводятся изыскательские работы по проекту строительства железной дороги «Курагино-Кызыл».

Почвенный покров северной части водосбора на равнинах представлен различными вариантами черноземных и аллювиальных почв в сочетании с темно-серыми лесными почвами. На склонах хребтов в южной и восточной частях водосбора распространены щебнистые ржавоземы и буроземы, а на вершинах малоразвитые почвы.

Исследование некоторых водно-физических свойств почв проводилось в различных ландшафтных условиях в основном на водосборах притоков Амыла Тайгиш и Шадат (расположение 17 почвенных разрезов представлено на рис.1). Выполнялись следующие виды работ: описание

почв по горизонтам, определение механического состава, объемной влажности, температуры и инфильтрационной способности поверхности почвы.

В целом в бассейне р. Амыл наиболее распространены супесчаные почвы (механический состав почв определялся полевым методом). Они были отмечены в 70% почвенных разрезов, в основном на склонах различной крутизны. Суглинки характерны для аллювиальных речных долин с дренированными аллювиально-гумусовыми почвами (без учета сельскохозяйственных угодий). Одним из основных факторов, определяющих гидрологическую роль почвенного покрова, является водопоглотительная (инфильтрационная) способность почвы. Интенсивность впитывания влаги в почву определяет объем потерь талых и дождевых вод на инфильтрацию, соотношение поверхностного и почвенного стока и, в конечном счете, величины максимальных расходов воды весеннего половодья и дождевых паводков. По мнению ряда авторов [6,7], надежные формулы для расчета коэффициента фильтрации (K_0) в настоящее время отсутствуют. В связи с этим определение K_0 на основе полевых измерений приобретает особую актуальность.

В ходе экспедиционных работ на почвенных разрезах нами использовался портативный дисковой инфильтрометр [1,2]. По данным измерений уровня воды в инфильтрометре строилась кривая зависимости суммарной инфильтрации (I) от времени, которая аппроксимировалась уравнением (1)

$$I = C_1 t + C_2 \sqrt{t}, \quad (1)$$

где C_1, C_2 — параметры уравнения, связанные, соответственно, с коэффициентом фильтрации и впитывающей способностью почвы, t — продолжительность времени наблюдений. Коэффициент фильтрации K_0 вычислялся по уравнению (2)

$$K_0 = \frac{C_1}{A}, \quad (2)$$

где C_1 — угол наклона кривой суммарной инфильтрации к оси времени, A — эмпирический коэффициент, определяемый по специальным таблицам, составленным для этого типа инфильтрометра [5].

Анализ результатов подтвердил тесную связь величин коэффициента фильтрации (табл. 2) с механическим составом почвы. Значительный разброс значений для почв одинаковых по механическому составу обусловлен, щебнистой структурой верхнего горизонта, наличием пустот от корней растений и ходов землеройных животных. Полученные в результате измерений значения K_0 авторы статьи предлагают использовать при моделировании речного стока с водосборов Западного Саяна.

Влажность почвы определялась портативным прибором Decagon 5TE, принцип работы которого основан на зависимости влажности почвы от диэлектрической проницаемости [1]. Измерения объемной влажности почвы проводились в разных почвенных горизонтах через каждые 10 см от поверхности.

Таблица 2 – Диапазон значений коэффициента фильтрации почв различного механического состава

Механический состав почвы	Интенсивность инфильтрации, см/сут (минимальное-медианное-максимальное значение)
пески	230-547-864
супеси	20-156-292
суглинки	6,6-13,3-19,7

Для почвенных разрезов супесчаных почв, где при прочих равных условиях процент щебнистости по профилю составлял более 50%, наблюдались наименьшие значения влажности по глубине и равномерное увеличение влажности по профилю в среднем от 0.07 до 0.14 (рис 5). В случае отсутствия щебнистости в рассматриваемом слое, почвы были более влажные с небольшими градиентами в верхнем 10-см слое, представляющий собой более рыхлый гумусовый горизонт. Значения объемной влажности изменялись от 0.14 до 0.21

В результате анализа данных было отмечено, что суглинистые по механическому составу почвы хорошо увлажнены, значения влажности по глубине изменяются незначительно, величина объемной влажности в 70-см слое почвы увеличивается в среднем от 0.17 до 0.20. (рис. 5).

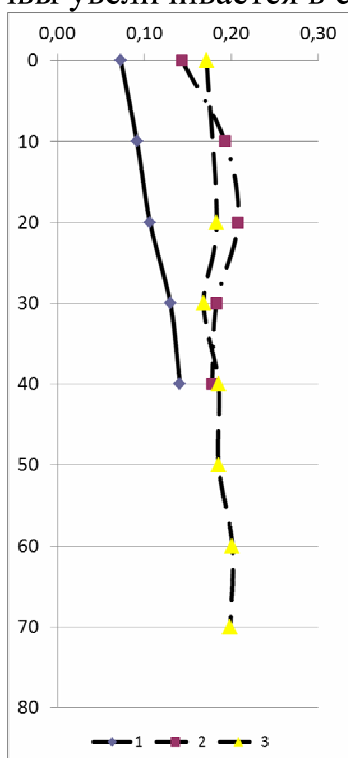


Рис. 5 – Изменение осреднённых значений объемной влажности для различных типов почв (1- супесчаные горные светло-серые лесные, 2-супесчаные темно-серые глеевые, 3-суглинистые аллювиально-гумусовые)

Сопоставление гипсометрических, ландшафтных, почвенных карт и данных наблюдений за водно-физическими свойствами почв позволило создать бассейновую ландшафтно-гидрологическую геоинформационную систему с соответствующими тематическими слоями. Созданная ГИС за счет комплексного учета факторов, определяющих закономерности водного режима р. Амыл, позволит точнее выделить участки бассейна с

однородными условиями формирования стока и повысит степень достоверности промоделированных гидрографов стока.

В дальнейшем ландшафты были сведены в укрупненные группы, при этом основой для обобщения являлись величины коэффициентов фильтрации и уклона местности (табл. 3). Представленные группы планируется использовать как основу для выделения стокоформирующих комплексов.

Таблица 3 – Обобщенные характеристики почвенно-растительного покрова геосистем водосборного бассейна р. Амыл

Тип рельефа, поверхностные отложения	уклон, град.	Тип растительности	Проективное покрытие древостоя, %	мех. состав	Щебнистость, %	K _ф
Речные долины	< 3	Сосняки с примесью мелколиственных пород	60	легкий суглинок	0	6,6
		Осинник высокотравный	40	легкий суглинок	0	15,5
		Мелколиственный гидрофитный лес	30	песок	40-80	864
Денудационные склоны различной крутизны, перекрытые супесчаным делювием	10	Березняк с пихтой и кедром	20	супесь	10	275
	11-20	Кедрово-пихтовый с березой	30		10	218
			< 10		30	121
	>20	Березняк с пихтой разнотравно-папоротниковый	30		30	70
Пихтово-кедровый папоротниково-разнотравный		60	60	20		
Холмисто-останцовые предгорья, перекрытые суглинистым делювием	6-10	Мелколиственно-сосновый разнотравный лес	30	легкий суглинок	0	18
				супесь		20
		Разнотравный луг	0	супесь	0	38 82
Плоские и слабоволнистые равнины, перекрытые супесчаными отложениями	< 2	Березняк заболачивающийся	60	супесь	0	22
		Мелколиственно-пихтовый разнотравный	40	песок	0	230
		Мелколиственный, иногда с сосной	30	супесь	0-20	20

В результате комплексных ландшафтно-гидрологических исследований в Западных Саянах на территории юго-востока Красноярского края составлена ландшафтная карта водосбора р. Амыл, получены и обобщены количественные характеристики параметров почвенно-растительного покрова, в т.ч. впервые для данного района определены характерные величины коэффициентов фильтрации для различных типов ландшафтов, необходимые при моделировании гидрографа стока.

Разработанная для моделирования стока бассейновая ГИС включает в себя цифровую ландшафтную карту территории, геоморфометрическую информацию (высота, экспозиция и крутизна склонов), а также параметры, определяющие процесс формирования стока: характер растительного покрова, его проективное покрытие по ярусам, механический состав, влажность и тип почв, коэффициенты фильтрации и др.

Полученные результаты требуют дополнительных полевых изысканий в целях уточнения пространственной изменчивости ландшафтно-гидрологических характеристик. Для повышения надежности моделирования стока малых горных рек Саян, на которых отсутствуют сетевые гидрологические наблюдения, следует провести верификацию модели стока на примере бассейна р. Амыл с последующей адаптацией её для территории со схожими условиями формирования стока.

Список литературы

1. *White I.* Electric and dielectric methods for monitoring soil-water content / White I, Zegelin S.J. // Wilson LG, Everett LG, Cullen SJ (eds). Handbook of Vadose Zone Characterization and Monitoring. Lewis Publishers, 1995. – 752 p. 2. *Dane J.H.* Methods of Soil Analysis. Part 4. Physical Methods / Dane, J.H., and G.C. Topp (eds.) // Soil Science Society of America Book Series. – 2002. – Vol. 5. – P. 888-896. 3. *Zhang R.* Determination of soil sorptivity and hydraulic conductivity from the disk infiltrometer. Soil Science Society of America Journal. – 1997. – 61. – P. 1024-1030. 4. *Van Genuchten, M.T.* 1980. A Closed-form Equation for Predicting the Hydraulic Conductivity of Unsaturated Soils. Soil Science Society of America Journal. 44(5). 892-898. 5. Decagon Devices, Inc., (2005). Minidisk infiltrometer, User's manual. 6. Ресурсы поверхностных вод СССР. Т. 15 : Алтай и Западная Сибирь, выпуск 1 – Горный Алтай и Верхний Иртыш. – Л.: Гидрометеиздат, 1969 год. 7. Ресурсы поверхностных вод СССР. Т. 16 «Ангаро-Енисейский район», выпуск 1 – Енисей. – Л. : Гидрометеиздат, 1973. 8. Виноградов Ю.Б. Виноградова Т.А. Математическое моделирование в гидрологии. – М. : Академия. 2010. – 297 с.

Пряхіна Г.В., Зеленукіна Е.С., Гузель Н.И., Журавльов С.А. Ландшафтно-гідрологічна характеристика водозбору річки Амил.

Виконані комплексні експедиційні дослідження (ландшафтні та гідрографічні) на водозборі р. Амил - модельному водозборі для вивчення процесів формування стоку в гірських районах. Розроблена для моделювання стоку басейнова ГІС містить цифрову ландшафтну карту території, геоморфометричну інформацію, параметри формування стоку.

Ключові слова: ландшафт, водозбір, гідрограф стоку, Західний Саян, р. Амил.

Priakhina G., Zelepukina Ye., Guzel N., Zhuravliov S. Landscape and hydrographic characteristic of Amil river basin.

Complex researches (landscape and hydrographic) on a basin of river Amyl - a model catchment area for studying of flow off formation processes in mountain areas are conducted. The basin GIS developed for flowoff modeling includes the digital landscape map of the territory, geomorphometric information, the parameters defining process of formation of a flowoff.

Keywords: landscape, catchment area, hydrographer, Western Sayany mountains, Amil river

Пряхина Г.В., Зеленукина Е.С., Гузель Н.И., Журавлев С.А. Ландшафтно-гидрологическая характеристика водосбора реки Амыл

Проведены комплексные экспедиционные исследования (ландшафтные и гидрографические) на водосборе р. Амыл - модельном водосборе для изучения процессов формирования стока в горных районах. Разработанная для моделирования стока бассейновая ГИС включает в себя цифровую ландшафтную карту территории, геоморфометрическую информацию, параметры формирования стока.

Ключевые слова: ландшафт, водосбор, гидрограф стока, Западный Саян, р. Амыл.

Надійшла до редколегії 24.05.2013