

ÇAYLARDA SUYUN HƏRƏKƏTİ VƏ SU REJİMİ ELEMENTLƏRİ ÜZƏRİNDƏ MÜŞAHİDƏLƏR

Suyun hərəkət rejimləri və növləri

Çay sutoplayıcısında axının əmələgəlmə prosesi suyun məcraya çatması və orada hərəkəti ilə tamamlanır. Təbii obyektlərdə su daima hərəkətdədir. Buna səbəb onun axarlı olmasıdır. Daxili və xarici qüvvələr onu zamana görə və ərazi üzrə paylayır. Plastiklik xassəsinə malik olan buz da axarlıdır.

Suyun hərəkətinin iki hidrodinamiki rejimi var: laminar və turbulent. “Laminar” sözü “laylı”, “turbulent” isə “qarışıq” və ya “nizamsız” mənası daşıyır. Doğrudan da, *laminar rejimdə* su hissəcikləri qarışmadan paralel trayektoriyalar üzrə hərəkət edir. *Turbulent rejimdə* isə onların hərəkəti xaotik xarakter daşıyır və axında burulğanlar yaranır, suyun qarışma prosesi güclənir, axının sürət istiqaməti və kəmiyyəti aramsız dəyişir. Axının sürəti artdıqda laminar hərəkət turbulent hərəkətə keçə bilər.

Axının hidrodinamiki rejimi ölçü vahidi olmayan *Reynolds ədədi* Re ilə səciyyələnir:

$$Re = \frac{vh}{\nu}$$

burada, ν - axının orta sürəti, m/s ; h -axının dərinliyi, m ; ν -kinematik özlülük əmsalı, m^2/s ; bu əmsal mayenin xarakteri və temperaturundan asılıdır. Reynolds ədədinin laminar rejimdən turbulent rejimə keçidə uyğun böhran qiyməti təqribən 300-3000 arasında dəyişir.

Əgər, Reynolds ədədinin faktiki qiyməti 3000-dən böyükdürsə, onda axın turbulent rejimli, 300-dən azdırsa, laminar rejimli, 300-3000 arasındadırsa, keçid rejimlidir.

Çaylar, göllər, dəniz və okeanlarda Reynolds ədədi həmişə böhran qiymətdən böyükdür və suyun hərəkət rejimi turbulენტdir. Laminar rejim xırda dənəvər süxurlarda hərəkət edən yeraltı sular və buzlaqlar üçün səciyyəvidir. Yeraltı sular üçün bu, məsələlərin kiçik ölçülü və hərəkət sürətinin kiçik olması ilə, buzlaqlar üçün isə buzun özlülüynün çox yüksək və hərəkət sürətinin çox kiçik olması ilə izah olunur.

Su səthinin vəziyyətinə görə axınlar sakit və ya coşğun olur. *Sakit axınların* su səthi hamar formalı olur, axın maneələri sakit keçir. *Coşğun axınların* su səthi nahamar və dalğalı olur, maneələr olan yerlərdə kəskin səviyyə fərqi yaranır.

Axının vəziyyətini təyin etmək üçün ölçü vahidi olmayan *Frud ədədindən*, Fr , istifadə olunur:

$$Fr = \frac{v^2}{gh} \quad (5.29)$$

burada, h -axının dərinliyi, m ; g -sərbəstdüşmə təcilidir, m/s^2 .

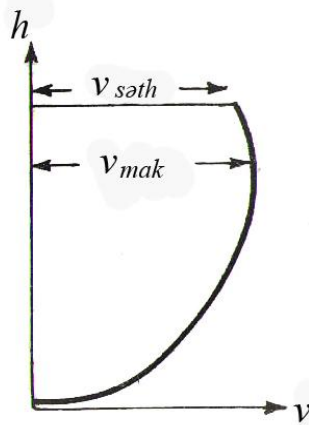
Əgər, $Fr > 1$ olarsa, axın coşğun, $Fr < 1$ olarsa, sakit və $Fr = 1$ olarsa, axın böhran vəziyyətdə hesab edilir.

Coşğun axınlar dağ çayları, sakit axınlar isə düzənlik çayları və sututarlar üçün səciyyəvidir.

Coşğun və turbulent, sakit və laminar axınları eyniləşdirmək olmaz, belə ki, bu hərəkətlərin xarakteristikaları keyfiyyətcə fərqlidir. Sakit axınlar həm laminar, həm də turbulent, coşğun axınlar isə yalnız turbulent xarakterli olur.

Çayın en kəsiyində sürətin paylanması

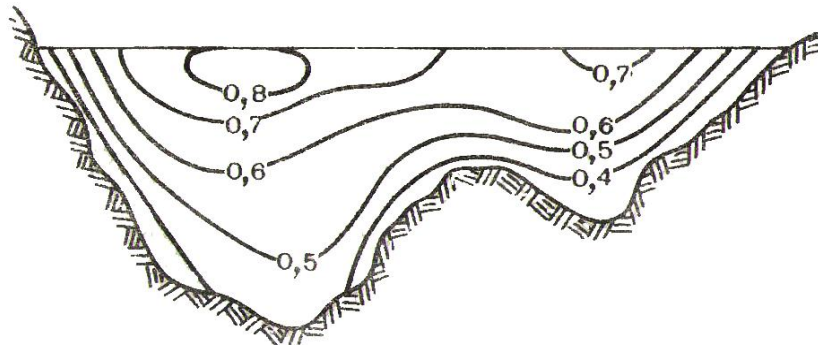
Axının müxtəlif nöqtələrində suyun hərəkət sürəti eyni deyildir: sürət çayın dərinliyi və eni boyu dəyişir. İxtiyari şaqulda ən kiçik sürət dibdə müşahidə edilir və buna səbəb məcranın kələ-kötürlüyüdür. Dibdən səthə doğru sürət əvvəlcə intensiv artır, sonra bu artım zəifləyir və maksimum səthdə və ya səthdən $0,2 h$ (h -dərinlikdir) məsafədə qeydə alınır. Şaqul boyu sürətin dəyişmə əyrisi *sürət epyurası* adlanır (şəkil 5.7).



Şəkil 5.7. Dərinlik üzrə sürətin paylanma əyrisi

Şaqul üzrə sürətin dəyişməsinə dibin relyefi, buz örtüyü, külək və su bitkiləri təsir göstərir. Çayın dibində iri daşlar olduqda onların önündə sürət kəskin azalır. Məcradakı bitki örtüyü onun kələ-kötürlüyünü artırır və bu da sürətin azalmasına səbəb olur. Çayın səthi buz bağladıqda, əlavə sürtünmə qüvvəsi yarandığına görə, sürətin ən böyük qiyməti səthdən $0,5h$ məsafədə müşahidə olunur. Axın istiqamətində əsən külək suyun səthində sürəti artırır.

Çayın eni boyu da sürət dəyişir: o, sahilə yaxın yerlərdə kiçik, axının ortasında isə ən böyük olur. Çayın canlı en kəsiyində sürətin paylanması haqqında təsəvvür əldə etmək üçün izotaxlardan istifadə edilir. *İzotax*, sürətləri eyni olan nöqtələri birləşdirən səlis əyri xətlərə deyilir (şəkil 5.8).



Şəkil 5.8. Çayın canlı en kəsiyində sürətin paylanması

Əgər, çayda sürət bilavasitə ölçülməyibsə, onda axının orta sürəti *Şezi düsturuna*

görə hesablanı bilər:

$$\bar{v} = C\sqrt{\bar{h}i} \quad (5.30)$$

burada, $\bar{v}$ -axının orta sürəti; $\bar{h}$ -canlı en kəsiyinin orta dərinliyi; i -çayın meyilliyi; C -Şezi əmsalıdır.

Şezi əmsalı sabit kəmiyyət deyildir. Onun qiyməti məcranın dərinliyi və kələ-kötürlüyündən asılıdır. Bu əmsalı təyin etmək üçün çoxsaylı empirik düsturlar təklif olunmuşdur:

Manning düsturu

$$C = \frac{1}{n} R^{1/6} \quad (5.31)$$

Pavlovskinin düsturu

$$C = \frac{1}{n} R^y \quad (5.32)$$

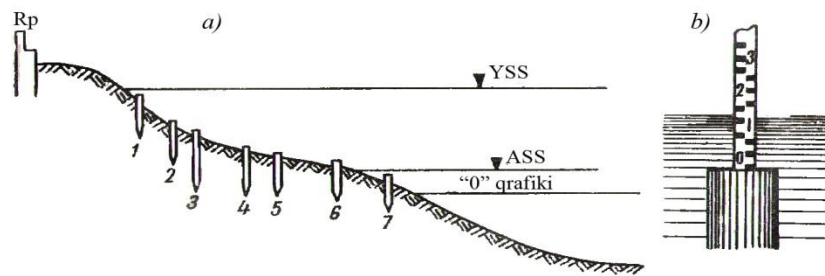
burada, R -hidravlik radiusdur və çayın canlı en kəsiyinin yaş perimetrə nisbətində bərabərdir; n -kələ-kötürlük əmsalıdır və xüsusi cədvəllərə görə tapılır. Düstur (5.32)-dəki, y , parametri aşağıdakı düstura görə hesablanır.

$$y = 2.5 \sqrt{n} + 0.13 - 0.75 \sqrt{R(\sqrt{n} - 0.1)} \quad (5.33)$$

Şezi düsturundan görünür ki, hidravlik radius (və ya orta dərinlik) artdıqca, axının sürəti də artır. Bu ona görə baş verir ki, dərinlik artdıqca, məcranın kələ-kötürlüyünün sürətə təsiri azalır. Dərinliyin artması Şezi əmsalının da böyüməsinə səbəb olur.

Səviyyə üzərində müşahidələr

Səviyyənin tərəddüdləri üzərində müşahidələr *suölçmə məntəqələrində* yerinə yetirilir (şəkil 5.9).



Şəkil 5.9. Dirəkli suölçmə məntəqəsi və suyun səviyyəsinin daşınan tamasa ilə ölçülməsi (SS-yüksək su səviyyəsi; ASS-aşağı su səviyyəsi).

Su səthinin hündürlüyü başlanğıc və ya sıfırıncı müstəviyə nəzərən ölçülür. Belə YSS müstəvi çayın ən alçaq səviyyəsindən aşağıda seçilməlidir. Bu müstəvinin mütləq və ya nisbi yüksəkliyi *qrafikin sıfırı* adlanır. Səviyyə, tamasaların köməyi ilə 1 sm dəqiqliklə ölçülür. Tamasaların iki tipi var: daimi və daşınan. *Daimi* (stasionar) *tamasalar* körpülərin dayaqlarına və ya çay məcrasının yamacına basdırılmış dirəklərə bərkidilir. Çayın sahillərinin dikliyi az, səviyyə tərəddüdlərinin amplitudu böyük olduqda müşahidələr *daşınan tamasa* (əl

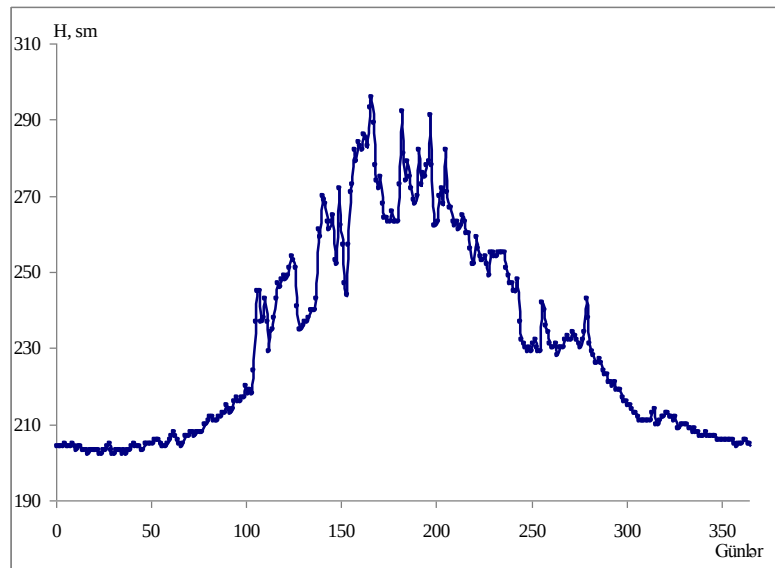
tamasası) vasitəsilə yerinə yetirilir. Bunun üçün çayın məcrasına və subasarına eyni bir kəsik (xətt) boyu dirəklər basdırılır. Dirəklərin başlıqlarının yüksəkliyi nivelirləmə yolu ilə hidrometrik məntəqənin sahilə yerləşdirilmiş reperinə görə təyin olunur. Reperin mütləq və ya nisbi yüksəkliyi müşahidə məntəqəsi quraşdırıldıqda təyin olunur. Daşınan tamasa ilə suyun altında qalan və ya sahilə ən yaxın olan dirəyin üzərindəki su layının hündürlüyü ölçülür. Ölçmə nəticəsində alınan qiymətə müvafiq dirəyin yüksəkliyi əlavə edilir və səviyyənin yekun qiyməti hesablanır.

Hidrometrik müşahidə məntəqələrində səviyyə sutka ərzində 2 dəfə ölçülür: yerli vaxtla saat 8 və 20-də. Orta sutkalıq səviyyə səhər və axşam müşahidələrinin ədədi ortası kimi təyin olunur.

Hazırda səviyyəni avtomatik rejimdə qeyd edən müasir müşahidə sistemləri var.

Təqvim ili başa çatdıqdan sonra hər bir məntəqə üçün orta sutkalıq (gündəlik) səviyyə cədvəli tərtib olunur. Bu cədvəldə, həmçinin hər bir təqvim ayı və il üçün orta, ən yüksək və ən alçaq səviyyələr qeyd edilir. Bu səviyyələrə *səciyyəvi səviyyələr* deyilir və onlar haqqında məlumatlar hidroloji illiklərdə çap olunur.

Sutkalıq səviyyələrin qiymətlərinə görə onların tərəddüd qrafiki qurulur ki, o da səviyyənin ildaxili dəyişməsi haqqında əyani təsəvvür yaradır (şəkil 5.10).

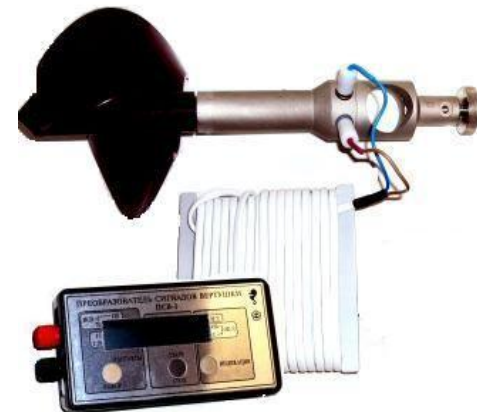


Şəkil 5.10. Dağ çayının hidroqrafı

5.7.4. Çaylarda suyun hərəkət sürətini ölçmə üsulları

Çaylarda suyun sürəti adətən hidrometrik fırlanğıclarla ölçülür. Onların köməyi ilə istənilən nöqtədə axının orta-laşdırılmış sürətini təyin etmək mümkündür. Fırlanğıcların müxtəlif tipləri var (şəkil 5.12).

Milli Hidrometeorologiya Departamentinin hidroloji müşahidə məntəqələrində əsasən Rusiyada istehsal edilmiş fırlanğıclardan istifadə olunur. Almaniyanın “Ott”, Fransanın “Neyrfluks”, ABŞ-ın “Prays” tipli fırlanğıcları yüksək



dəqiqlikləri ilə seçilir.

Sürət ölçüldükdə *fırlanğıc* ştanqa və trosun köməyi ilə tələb olunan dərinlikdə yerləşdirilir. Metaldan hazırlanmış ştanqanın diametri 27 mm və uzunluğu 3 m təşkil edir. Onun üzərində hər 10 sm-dən bir bölgülər var. Ştanqadan dərinlik 2 m-ə qədər, sürət isə 1,5 m/s-dən kiçik olduqda istifadə edilir.

Fırlanğıc trosun köməyi ilə suya salındıqda bucurqaddan istifadə olunur. Tələb olunan dərinlik bucurqadın sayğacına görə müəyyən edilir. Sürətin böyük qiymətlərində axın fırlanğıcı aparmasın deyər, trosun ucuna xüsusi yük asılır.

Fırlanğıc sürət ölçülən dərinlikdə elə yerləşdirilir ki, onun pəri axına əks istiqamətli olsun. Sürət böyük olduqca, pər daha sürətlə fırlanır. Fırlanğıcın oxu 20 dövr etdikdən sonra xüsusi qurğunun köməyi ilə səs və ya işıq signalı verilir. İki qonşu signal arasındakı zaman fərqi görə pərin 1 saniyədə etdiyi dövrlərin sayı hesablanır. Fırlanğıc hazırlanan zavodlarda onlar arvalaşdırılır, yəni pərin 1 saniyədəki dövrlərinin sayı ilə axının hərəkət sürəti arasında asılılıq müəyyən olunur. Bu asılılıqdan istifadə edərək 1 saniyədəki dövrlərin sayına görə sürət təyin olunur.

Fırlanğıcla sürət iki üsulla ölçülür.

1. *Nöqtə üsulu*. Sürət axının en kəsiyi boyu bir neçə şaqulda və müxtəlif nöqtələrdə ölçülür. Şaquldakı dərinlikdən asılı olaraq nöqtələrin sayı 1-5 arasında dəyişir. Şaqulda *orta sürət* ($\bar{V}_s$) -aşağıdakı empirik düsturlarla hesablanır: Sürət 1 nöqtədə ölçüldükdə

$$\bar{V}_s = V_{0.6h} \quad (5.34)$$

burada, $v_{0.6h}$ -suyun səthindən 0,6 h dərinlikdə ölçülmüş sürətdir (h-şaqulda dərinlikdir).

Sürət 2 nöqtədə ölçüldükdə

$$\bar{V}_s = \frac{1}{2} (V_{0.2h} + V_{0.8h}) \quad (5.35)$$

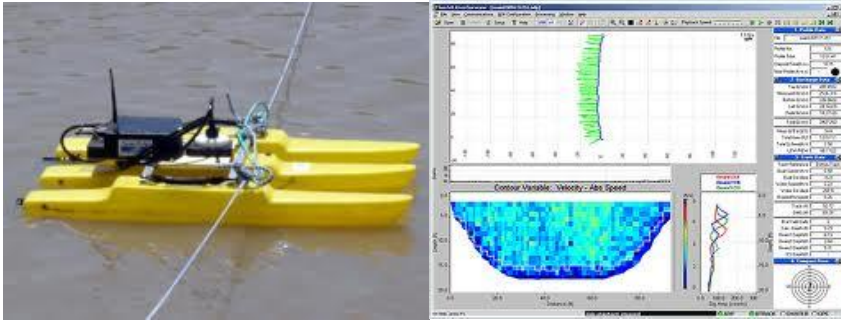
Sürət 5 nöqtədə ölçüldükdə

$$\bar{V}_s = \frac{1}{10} (V_{səth} + 3v_{0.2h} + 3v_{0.6h} + 2v_{0.8h} + V_{dib}) \quad (5.36)$$

Ölçmə nöqtələrinin sayı artdıqca, şaqulda orta sürətin hesablanma dəqiqliyi də artır.

2. *İnteqrasiya üsulu*. Fırlanğıc şaqullar üzrə və ya çayın canlı en kəsiyi boyu tədricən aramsız hərəkət etdirilir. Bu halda şaqulda və ya çayın en kəsiyində birbaşa orta sürətin qiyməti təyin olunur.

Hazırda praktikada daha müasir ölçmə cihazlarından istifadə olunur. Belə cihazlara misal kimi Sontek-ADP cihazını göstərmək olar (şəkil 5.13). Bu cihaz böyük çaylarda su sərfi ölçülərkən tətbiq olunur. Cihaz qayıqda yerləşdirilir və bir sahilə o biri sahilə kimi çayın canlı en kəsik profilini tərtib etməyə və orta sürəti hesablamağa imkan verir. Eyni zamanda sürətin dərinlik və en kəsik boyu paylanması, həmçinin su sərfinin qiyməti avtomatik rejimdə kompyuterin ekranında göstərilir.



Şəkil 5.13.Sontek-ADP cihazı

Dərinliyi az olan kiçik axınların sürətini ölçmək üçün mikro fırlanğıclardan istifadə edilir.

Xüsusi hallarda, məsələn, daşqın və sel keçdikdə axının sürəti üzgəclərlə təqribi qiymətləndirilə bilər. Dairəvi formalı bu üzgəclərin qalınlığı 3-5 sm, diametri isə 15-30 sm təşkil edir. Onları əsasən taxtadan və plasmadan hazırlayırlar.

Üzgəcləri sahildən çaya atmaq (tullamaq) olar. Bunun üçün uzunluğu 1 m (10-50 m) olan düzxətli çay hissəsi seçilir. Çay hissəsində iki kəsik qeyd olunur. Saniyəölçənə görə üzgəclərin bu iki kəsik arasındakı məsafəni qət etmə vaxtı, t , təyin olunur. Sürət məlum düstura görə tapılır:

$$V_{\text{səth}} = \frac{l}{t} \quad (5.37)$$

Su sərfinin təyini üsulları

Əgər, çayda suyun hərəkət sürəti Şezi düsturuna görə hesablanırsa, onda *su sərfi* aşağıdakı düsturla təyin olunur:

$$Q = \bar{v} \omega \quad (5.38)$$

burada, $\bar{v}$ -çayın canlı en kəsiyində orta sürət; ω -canlı en kəsiyinin sahəsidir və dərinlik ölçmə işlərinə görə hesablanır.

Bu düsturla daha çox əvvəllər keçmiş daşqın və sellərin sahillərdəki izlərinə görə onların *maksimal su sərfləri* təyin olunur.

Çaylar üçün su sərfi ən əsas hidravliki ünsürdür. Su sərfinin təyini üsullarını iki qrupa bölmək olar:

1. *Sərfin bilavasitə ölçülməsi*;
2. *Sərfin dolay yolla təyini*;

Birinci qrupa həcm və çəki üsulları aiddir. Həcm üsulunda su ölçü qabına yığılır və onun dolma müddəti ölçülür. Su sərfini tapmaq üçün suyun həcmi zamana bölünür. Bu üsul bulaqların, kiçik quyuların debitini, laboratoriya modellərində su sərfini ölçmək üçün istifadə edilir. Həcm üsulu çox dəqiqdir.

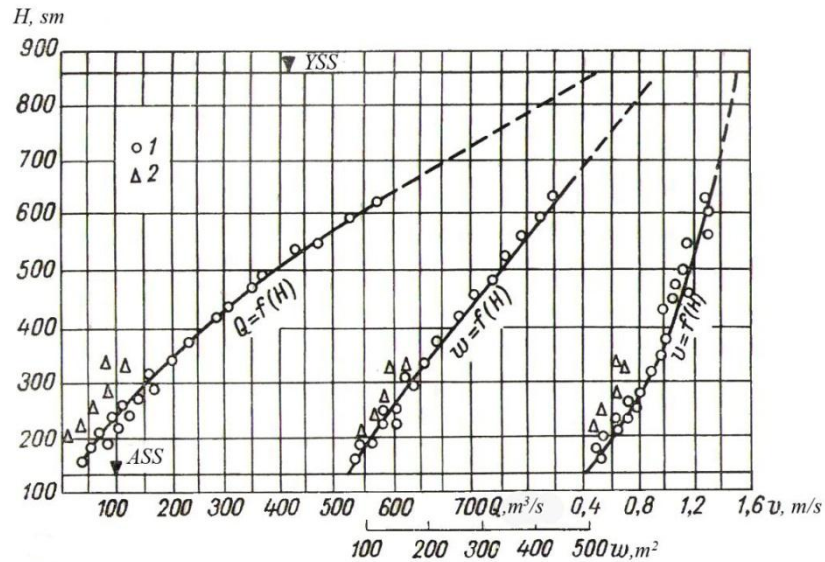
Sərfin dolay yolla təyini müxtəlif üsullarla yerinə yetirilir. Bu halda bilavasitə sərf deyil, axının başqa ünsürləri ölçülür. Su sərfi isə hesablama yolu ilə təyin edilir. Belə üsullara aşağıdakılar aiddir:

1. Axının en kəsik sahəsini hesablamaq və sürəti ölçməklə su sərfinin təyini. Bu üsul “sürət-sahə” üsulu adlandırılır.

2. Ölçü qurğularının (suaşırıclar, hidrometriki novlar) köməylə sərfin təyini. Bu halda bu halda suaşırıcların üzərində və novun girəcəyində basqı ölçülür, sərf isə hidravliki əlaqələr vasitəsilə tapılır.

3. Qarışma üsulu (elektrolit, istilik, kalorimetriya). Bu halda sərf, suya buraxılan məhlul su ilə qarışdıqdan sonra elektrik keçirmə qabiliyyətinin dəyişməsinə görə təyin edilir.

Məlum olduğu kimi, çaylarda suyun səviyyəsi hər gün ölçülür, çünki bu ölçmə işləri çox sadə olmaqla az vaxt və vəsait tələb edir. Çayın eni və su sərfindən asılı olaraq, su sərfini ölçmək üçün bir neçə saat vaxt və müvafiq olaraq daha çox vəsait tələb olunur. Buna görə də il ərzində müxtəlif mövsümlərdə cəmi 40-60 dəfə su sərfi ölçülür. Lakin çay sularından istifadə ilə bağlı müxtəlif layihələri həyata keçirərkən bir çox hallarda ilin hər bir günü üçün su sərfi haqqında məlumatlar tələb olunur. Bu problemi həll etmək üçün *sərflər əyrisindən*, $Q=f(H)$, yəni su sərfi ilə səviyyə arasında asılılıqdan istifadə edilir (şəkil 5.15).



Şəkil 5.15. Canlı en kəsiyi üçün sərflər, sürətlər və sahələr əyriləri:

1 – yay mövsümünün sərfləri; 2 – qış mövsümünün sərfləri.

Bu tip empirik əlaqələrdən istifadə edərək, səviyyənin məlum qiymətlərinə görə ilin hər bir sutkası üçün su sərfi təyin olunur. Sutkalıq su sərfələrinə görə hər bir dekada, ay və nəhayət təqvim ili üçün orta su sərfi hesablanır. Konkret bir il və ya çoxillik dövr üçün təyin edilmiş orta, ən böyük və ən kiçik su sərfələrinə *səciyyəvi su sərfləri* deyilir. Sutkalıq su sərfələrinə görə su sərfələrinin tərəddüd qrafiki-hidroqraf qurulur.